

Phys. sp.

665

um

JOHN TYNDALL

VORTRÄGE

ÜBER

ELEKTRICITÄT.

Phys. sp. 665 un

<36633501690017

S

<36633501690017

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. sp. 665 un

JOHN TYNDALL.

VORTRÄGE

über

ELEKTRICITÄT.

Phys. sp.
665 ⁿⁿ

Tyndall

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Von demselben Verfasser erschien:

ELEKTRISCHE ERSCHEINUNGEN

und

THEORIEN.

Kurzer Abriss eines Curses von sieben Vorlesungen

abgehalten in der

Royal Institution of Great Britain

von

JOHN TYNDALL,

D. C. L., L. L. D., F. R. S.

Professor der Physik in der „Royal Institution of Great Britain“.

Mit des Autors Bewilligung ins Deutsche übertragen

von

Joseph v. Rosthorn.

7 Bogen Octav. Eleg. ausgestattet. Gebdn. 1 fl. = 1 M. 80 Pf. =
2 Fr. 40 Cts. = 1 R. 8 Kop.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

VORTRÄGE
über
ELEKTRICITÄT.

Von

JOHN TYNDALL,

D. C. L., L. L. D., F. R. S.

Professor der Physik in der „Royal Institution of Great Britain“.

Mit des Autors Erlaubniss ins Deutsche übertragen

von

Joseph v. Rosthorn.

Mit 58 Abbildungen.



WIEN, PEST, LEIPZIG,
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1884.



Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

V o r w o r t.

Vor mehr als fünfzig Jahren beschlossen die Leiter der »Royal Institution« durch Abhaltung von Vorträgen während der Weihnachts- und Osterferien, deren Natur der Auffassungskraft von Knaben und jungen Mädchen entsprechen sollte, dieser Anstalt in noch höherem Grade, als es bis dahin der Fall war, den Charakter eines Centrums wissenschaftlicher Belehrung zusichern und hiedurch deren nutzbringende Thätigkeit abermals zu erweitern.

Am 12. December 1825 berichtete ein von den Leitern der Anstalt ernanntes Comité, dass dasselbe mit Professor Faraday bezüglich des Wunsches, denselben zur Abhaltung solcher Vorträge während der genannten Feiertage zu bewegen, Rücksprache gepflogen habe, die aber nicht zum gewünschten Ziele führte, indem die Anhäufung seiner Berufsgeschäfte ihm nicht gestattete, sich mit jenen Vorträgen zu beschäftigen.

Faraday's Ablehnung war jedoch nur eine temporäre; denn bereits im Jahre 1827 hielt er während der Weihnachtsferien einen Cours von sechs elementaren, der jugendlichen Zuhörerschaft angemessenen Vorträgen über Chemie.

Die österlichen Vorträge wurden bald hierauf aufgegeben, während die, seit jener Zeit bis heute fortgesetzten Vorträge zu Weihnachten ein charakteristisches Merkmal der Royal Institution bilden.

Zu Weihnachten des verflossenen Jahres war es mir beschieden, derartige Vorträge abzuhalten. Ich hatte oft Gelegenheit gehabt, Zweifel über die Nützlichkeit der Behandlung inductiver Wissenschaften in Schulen, und Bemerkungen über die Kostspieligkeit der zu den diesbezüglichen Vorlesungen erforderlichen Apparate ausprechen zu hören. Dies brachte mich zu dem Entschlusse, derartige Zweifel und Bemerkungen durch Thatsachen zu widerlegen und zu zeigen, dass experimentelle Vorträge sowohl zur Kenntniss der Principien, als auch zu jener der Methoden zu führen im Stande sind, sobald Apparate hiezu construirt werden, die in Folge ihrer Einfachheit und Billigkeit von Jedermann leicht zu Selbstversuchen angeschafft werden können.

In vorliegendem Werkchen finden sich die diesbezüglichen Vorträge mit einigen Erweiterungen niedergelegt.

Inhalt.

	Seite
Vorwort	V
Inhalt	VII
I. Einleitung	1
II. Geschichtliches	2
III. Experimentirkunst	5
IV. Hilfsmittel zum Experimentiren	7
V. Elektrische Anziehung	10
VI. Entdeckung der Leitungsfähigkeit und der Isolirung . .	16
VII. Das Elektroskop. Fortsetzung der Untersuchung der Leitungs- und Isolirungsgesetze	19
VIII. Elektrische und nichtelektrische Substanzen	25
IX. Elektrische Abstossung. Entdeckung des Vorhandenseins zweier Elektricitäten	29
X. Grundgesetz der Elektricität.	31
XI. Elektricität des Reibzeuges. Zweifacher, »polarer« Charakter der Elektricität.	38
XII. Was ist Elektricität?	43
XIII. Elektrische Induction. Definition des Ausdruckes. . . .	47
XIV. Untersuchung der elektrischen Induction auf experimen- tellem Wege	50
XV. Der Elektrophor	64
XVI. Wirkung von Spitzen und Flächen	67
XVII. Die Elektrisirmaschine	71

	Seite
XVIII. Fortsetzung der auf die Wirkung von Spitzen Bezug nehmenden Experimente. Die elektrische Mühle, der Gold- fisch, der Blitzableiter	75
XIX. Geschichte der Leydnerflasche. Beschreibung derselben .	83
XX. Erklärung der Action einer Leydnerflasche	89
XXI. Franklin's Cascaden-Batterie	92
XXII. Einfachste Gestalt der Leydnerflasche	94
XXIII. Sitz der Ladung in der Leydnerflasche	99
XXIV. Zündung durch den elektrischen Funken. Cottrell's Reibzeug. Die Rohrmaschine	103
XXV. Dauer des elektrischen Funkens	108
XXVI. Elektrisches Licht im Vacuum	112
XXVII. Lichtenberg's Figuren	119
XXVIII. Verhältniss der Oberflächen zu den Massen. Vertheilung der Elektricität in hohlen Leitern	120
XXIX. Physiologische Wirkung elektrischer Entladung	123
XXX. Elektricität in der Athmosphäre	126
XXXI. Der elektrische Rückschlag	130
XXXII. Die Leydnerbatterie, ihre Ströme und Wirkungen . . .	137
Schluss	140

I.

Einleitung.

Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung wurde bereits die Beobachtung gemacht, dass Bernstein (*elektron*) durch Reiben die Eigenschaft erlangt, leichte Körper anzu-
ziehen.

Thales, der Gründer der ionischen philosophischen Schule (580 v. Chr.), gab sich der Meinung hin, es sei im Bernstein eine Art von Leben vorhanden.

Dies war der Keim, aus welchem sich die elektrische Wissenschaft entwickelte, deren Name von der Substanz herrührt, an welcher die Anziehungskraft zuerst bemerkt wurde.

In den sechs Vorträgen, welche ich meinen geehrten Lesern hiermit in Buchform vorzulegen gedenke, beabsichtige ich, Ihnen die Geschichte, die Thatsachen und Principien dieser Wissenschaft vor die Augen zu führen und Ihnen den Weg anzuzeigen, den man beim Studium derselben zu gehen hat.

Unsere Wissenschaft zerfällt in zwei Hauptabtheilungen, die der Reibungs- und die der Volta-Elektricität. Für diesmal wollen wir uns auf Behandlung ersterer,

nämlich der Reibungselektricität, als der älteren der beiden genannten, beschränken, deren Name dem Umstande zuzumessen ist, dass dieselbe durch Reibung von Körpern aneinander hervorgerufen wird.

II.

Geschichtliches.

Dass geriebener Bernstein leichte Körper an sich zieht, war Alles, was man durch mehr als 2000 Jahre über Elektricität zu sagen wusste. Im Jahre 1690 erweiterte Dr. Gilbert, der Leibarzt der Königin Elisabeth, der sich bereits früher mit Magnetismus erfolgreich beschäftigt hatte, unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Elektricität um ein Bedeutendes. Er wies nach, dass jene Anziehungskraft sich nicht auf Bernstein allein beschränkt, sondern sich ebenso bei verschiedenen Spathen, Edelsteinen, Fossilien, gemeinen Steinsorten, Gläsern und Harzen kund gibt, wenn diese Körper gerieben werden.

Robert Boyle (1675) wies nach, dass ein an einem Faden aufgehängtes Stück geriebenen Bernsteines nicht nur Körper an sich zu ziehen im Stande ist, sondern auch seinerseits durch andere Körper angezogen wird, die demselben genähert werden. Er beobachtete gleichfalls die elektrische Lichterscheinung und zwar an einem Diamanten, welcher, sobald er gerieben ward, in einem dunklen Raume Licht ausstrahlte.

Boyle stellte sich vor, der elektrisch gemachte Körper ströme eine unsichtbare, klebrige Substanz aus,

an die sich leichte Körperchen heften und mitgerissen werden, sobald diese Substanz zu ihrer Entstehungsquelle zurückkehrt.

Otto von Guericke, Bürgermeister von Magdeburg, Zeitgenosse Boyle's und Erfinder der Luftpumpe, erzielte eine Verstärkung der elektrischen Erscheinung. Er construirte die erste Elektrisirmaschine in Gestalt einer Schwefelkugel von der Grösse eines Kinderkopfes. Wurde diese Kugel mittelst einer Kurbel in drehende Bewegung versetzt und durch eine auf dieselbe gelegte trockene Hand gerieben, so strahlte sie in dunklen Räumen Licht aus.

Guericke bemerkte ferner die wichtige Erscheinung, dass eine Feder, die zuerst von der Kugel angezogen worden war, hierauf von selber abgestossen und so lange in einiger Entfernung von ihr gehalten wurde, bis sie mit irgend einem dritten Körper in Berührung gelangte, worauf die frühere Anziehung abermals stattfand. Er vernahm gleichfalls das Knistern des »elektrischen Feuers« und beobachtete das Phänomen, dass ein nicht-elektrisirter Körper, sobald er der erregten Kugel genähert ward, gleichfalls elektrisch wurde und die Eigenschaft erlangte, von anderen Körpern angezogen zu werden.

Die Mitglieder der Academia del Cimento untersuchten verschiedene Körper auf ihre elektrischen Eigenschaften. Sie wiesen nach, dass Rauch angezogen wird, was bei einer Flamme nicht der Fall ist, welche, wie sie sich überzeugten, erregten Körpern ihre Elektricität entzog.

Sie fanden ferner, dass Flüssigkeiten elektrischer Anziehung nicht minder fähig sind, was sich daraus

ersehen liess, dass, sobald geriebener Bernstein der Oberfläche einer Flüssigkeit genähert wurde, dies eine Erhebung derselben bewirkte, die mit der Ergiessung der Flüssigkeit über den Bernstein endigte.

Isaac Newton brachte, indem er eine geriebene Glasplatte horizontal über einen Tisch hielt, leichte Körperchen innerhalb des Zwischenraumes zum Hüpfen. Er wurde auch des, aus der stofflichen Natur des Reibzeuges entspringenden Unterschiedes des Erregungsgrades gewahr. So z. B. brachte das Reiben mit seinem seidenen Doctorsmantel kräftigere Wirkungen hervor, als wenn dasselbe mittelst einer Serviette vorgenommen wurde.

Newton stellte sich vor, es gehe vom erregten Körper ein elastisches Fluidum aus, welches in das Glas eindringt.

Die Bemühungen eines Thales, Boyle und Newton, um zu einer Vorstellung des Wesens der Elektrizität zu gelangen, dienen als Beweise des dem Menschen inhärenten Triebes, sich nicht allein mit den beobachteten That-sachen zu begnügen, sondern gleichzeitig die unsichtbaren Ursachen derselben zu ermitteln.

Dr. Wall (1708) experimentirte mit grossen Bernsteinstücken von länglicher Gestalt. Er fand, dass Schafwolle das geeignetste Reibzeug für Bernstein sei. Eine mächtige Aufeinanderfolge kleinen »Geknisters«, begleitet von Lichtfunken, wurde durch Reibung hervorgerufen. »Diese mit Knistern verbundenen Lichterscheinungen«, sagt er, »erinnern in gewissem Grade an Blitz und Donner.« Dies ist die erste veröffentlichte Anspielung auf eine mögliche Beziehung der Elektrizität zu Blitz und Donner.

Stephan Gray (1729) unterzog gleichfalls die elektrischen büschelförmigen Ausströmungen, Uebersprünge und Funken der Beobachtung. Er bemerkte mit prophetischem Geiste, dass, wenngleich diese Erscheinungen in der Gegenwart nur in äusserst geringem Grade hervorgerufen zu werden vermögen, es mit der Zeit gelingen dürfte, grössere Mengen solchen »elektrischen Feuers« anzusammeln und hierdurch die Wirkungen einer Kraft zu verstärken, welche, falls es gestattet ist, von kleinen Dingen auf grosse Schlüsse zu ziehen, nach den vorliegenden Experimenten als identisch mit jener erscheint, welche den Donner und Blitz hervorruft. Diese Bemerkung ist bereits von viel bestimmterer Natur, als jene des Dr. Wall.

III.

Experimentirkunst.

Durch Anführung dieser geschichtlichen Daten beabsichtigte ich Ihnen die stufenweise Entwicklung unserer Kenntnisse auf dem Gebiete der Elektrizität vor die Augen zu führen. Mein nächster Schritt ist nun, Sie mit jenen blos angedeuteten Thatsachen näher bekannt zu machen und Ihnen die Mittel zu nennen, durch welche dieselben hervorgerufen und durch Auffindung neuer vermehrt zu werden vermögen. Die Kunst, dieselben hervorzurufen, durch neue zu bereichern und mittelst geeigneter Vorkehrungen Untersuchungen anzustellen, nennt man Experimentirkunst. Dieselbe ist von äusserster

Wichtigkeit, denn durch sie allein sind wir im Stande, uns sozusagen mit der Natur zu besprechen, ihr Fragen vorzulegen und ihre Antworten darauf zu erzwingen.

Der Ausserachtlassung solcher Experimentirung und des auf dieselbe sich stützenden Forschens ist es zuzuschreiben, dass das gesammte Wissen unserer Vorfahren sich durch mehr als zweitausend Jahre auf die alleinige Kenntniss der Anziehungskraft des Bernsteins beschränkte.

Geschicklichkeit im Experimentiren ist keine Naturgabe, sie muss durch Uebung erworben werden. Wer einen Billardqueue zum erstenmale zur Hand nimmt, wird gewiss damit ungeschickte und fehlerhafte Stösse machen. Beim Tanzenlernen sind im Anfange die Bewegungen weder graziös noch angenehm. Uebung allein lehrt tanzen und Billardspielen, und das Gleiche lässt sich vom Experimentiren sagen. Sie dürfen sich daher durch Ihre anfängliche Ungeschicklichkeit nicht abschrecken lassen; dieselbe muss überwunden und die nöthige Fertigkeit durch öftere Wiederholung erworben werden.

Auf diesem Wege werden Sie in directen Verkehr mit der Natur gelangen; nicht das, was Ihnen Bücher erzählen, sondern das, was die Natur selbst zu Ihnen spricht, wird Gegenstand Ihres Nachdenkens werden. Ansichten, die aus dieser Quelle entspringen, besitzen eine Lebendigkeit, die aus dem Studium von Büchern nie erlangt zu werden vermag.

IV.

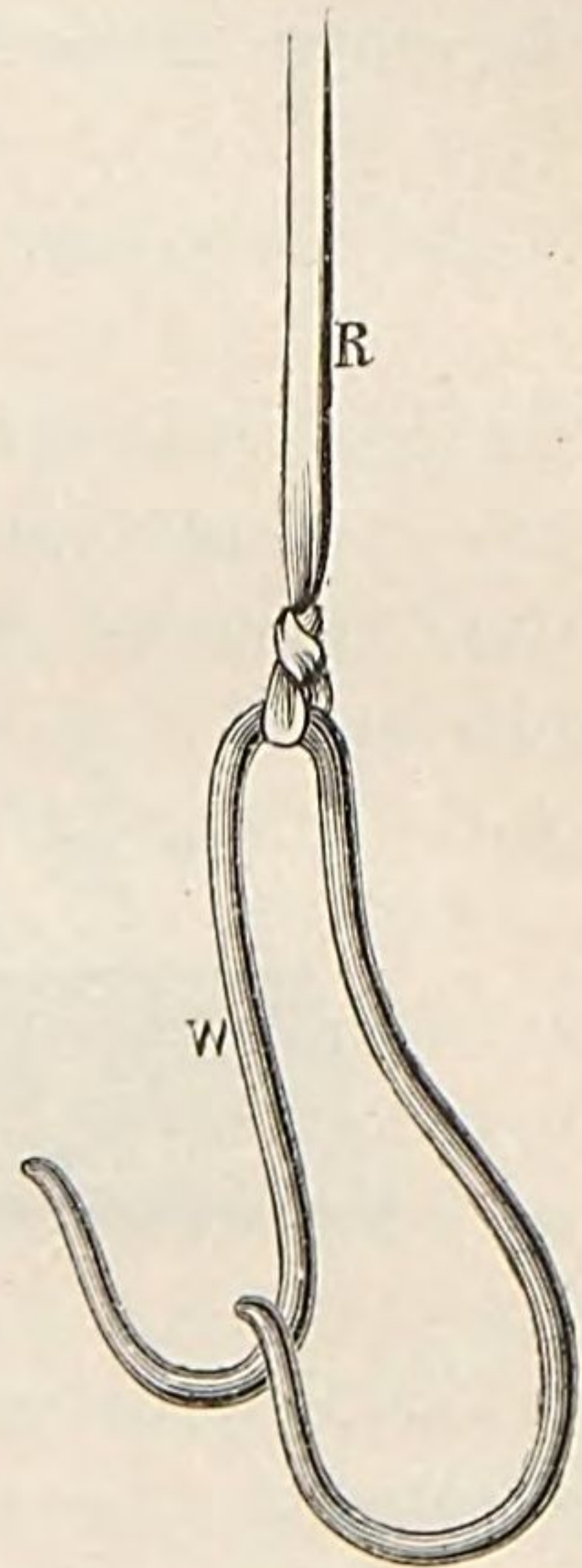
Hilfsmittel zum Experimentiren.

Es handelt sich im Anfangsstadium um die Beschaffung folgender Hilfsmittel:

- a) Einige Siegelwachsstangen.
- b) Zwei Guttapercharöhren von circa 18 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll äusserem Durchmesser.
- c) Zwei oder drei Glasröhren von beiläufig 18 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll äusserem Durchmesser, deren eines Ende zugeschmolzen ist. Dieselben sollen nicht aus zu dünnem Glase sein, um nicht so leicht abgebrochen zu werden.
- d) Zwei oder drei Stücke reinen Flannels von solcher Grösse, dass sie, zwei- oder dreimal übereinander gefaltet, Pauschen von etwa 8—10 Zoll Seitenlänge zu bilden im Stande sind.
- e) Ein Paar ähnlicher, 8—10zölliger, aus drei bis vier Lagen Seidenstoff gebildeter Pauschen.
- f) Ein circa 18zölliges quadratisches Brett nebst einem Stücke Kautschuk.

g) Sehr schmale Seidenbändchen *R* und ein doppelter Aufhängehaken aus Draht, wie *W* in Fig. 1, in welchen sich Siegelwachsstangen, Guttapercharöhren, Glasstangen und ebenso wohl auch ein Spazierstock einlegen lassen.

Fig. 1.

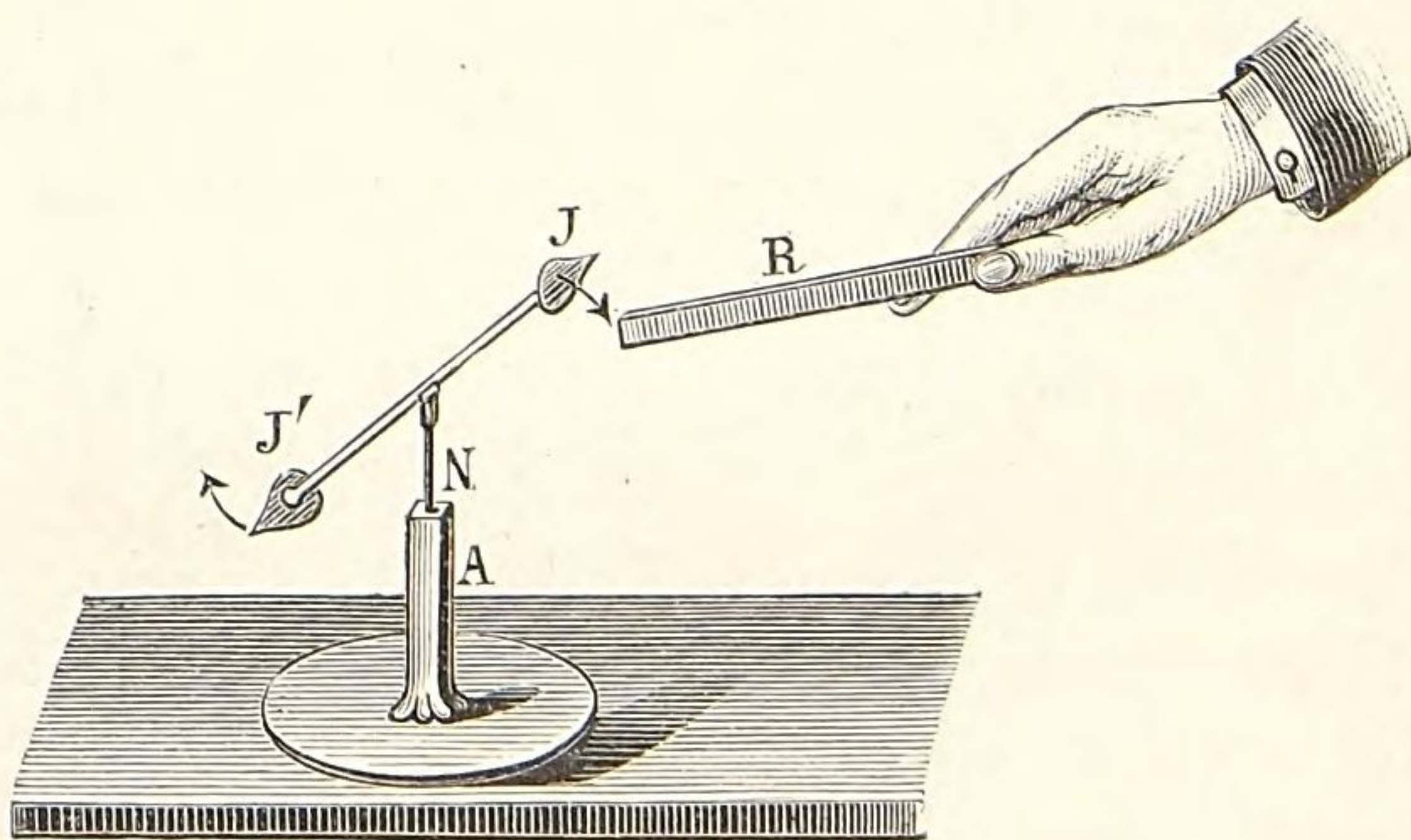


Ich wähle schmale Bänder, da dieselben keine Neigung sich zu drehen haben, wie solches bei Schnüren der Fall ist.

(Ich wende gewöhnlich Aufhängehaken an, deren Enden nicht, wie bei dem in der Zeichnung dargestellten, frei, sondern zusammengelöthet sind.)

Ein solcher gelötheter Haken bildet dann ein ununterbrochenes Ganzes. Da Sie jedoch im Löthen ungeübt sind, so dürften für Sie Haken mit freien Enden vorzuziehen sein, indem selbe leichter anzufertigen sind. Das obere Ende des Seidenbandes lässt sich ganz bequem

Fig. 2.

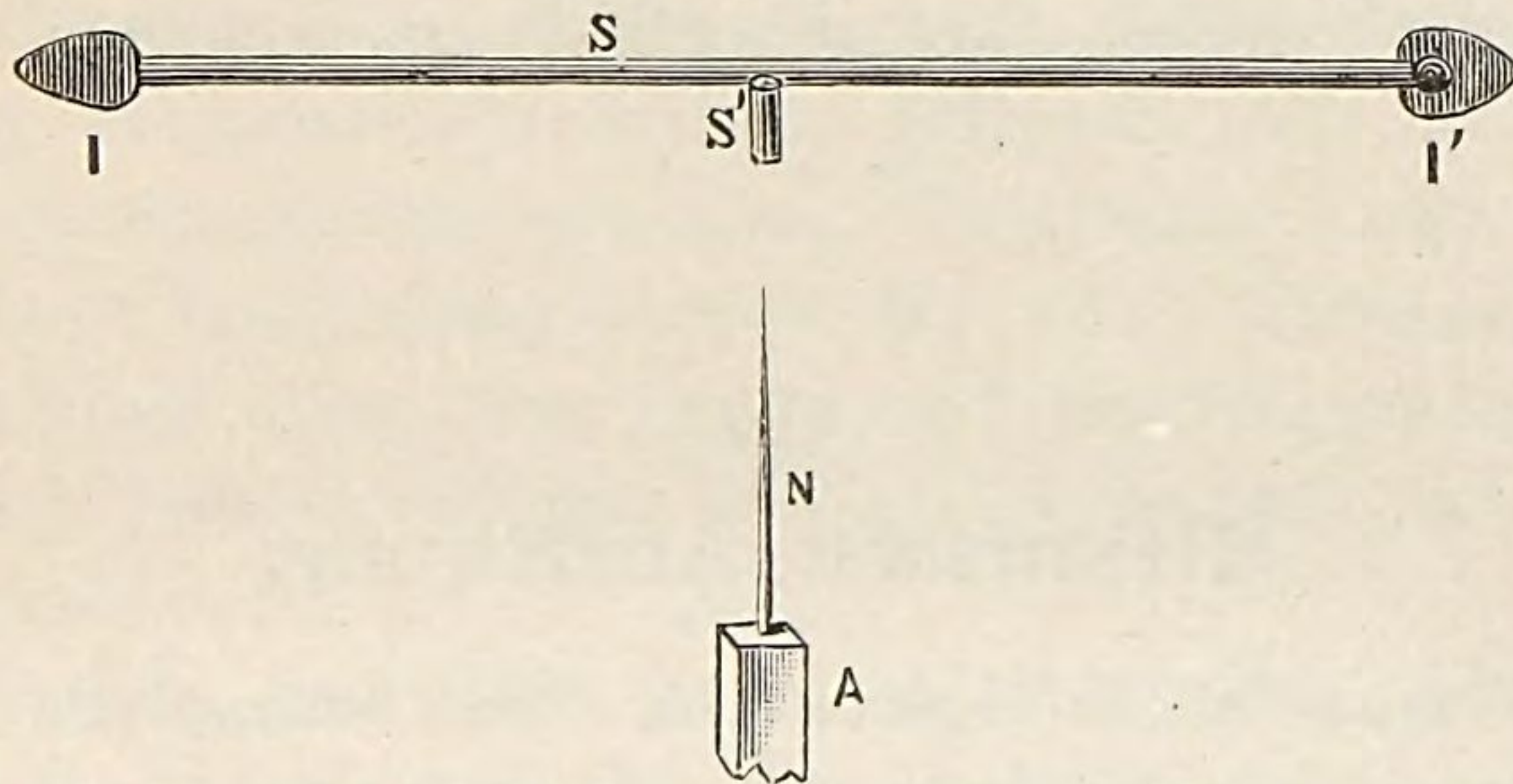


an den Querbalken eines gewöhnlichen Handtuchrahmens befestigen.

h) Einen Strohhalm J, J' (Fig. 2), auf einer Nähnadel N schwebend. Die Nadel ist in eine Siegelwachsstange A eingelassen, welche mit ihrem unteren Ende an eine kleine Scheibe aus Weissblech geklebt ist, so dass das Ganze einen Ständer bildet. Fig. 3 stellt den

von der Nadel abgehobenen Strohhalm in grösserem Massstabe dar. Das kurze in der Mitte des Strohhalmes s

Fig. 3.



an denselben mit Siegelwachs angeklebte Strohstückchen s' dient als Drehbüchse.

i) Unter dem Namen »Amalgam« wird eine Mischung von Quecksilber mit anderen Metallen verstanden. Die Erfahrung lehrt, dass die Wirkung eines seidenen Reibzeuges durch Ueberschmieren desselben mit einem aus einem Gewichtstheile Zinn, zwei Gewichtstheilen Zink und sechs Gewichtstheilen Quecksilber bestehenden Amalgame um ein Bedeutendes verstärkt wird. Man beschmiert zuerst das seidene Reibzeug mit etwas Schweinefett und breitet dann das Amalgam darüber. Sollte letzteres zu hart sein, so bearbeitet man es mittelst eines Stössels oder Hammers so lange, bis es weich wird. Für 50 Pfennige kann man auch eine hinreichende Menge fertigen Amalgames bei Mechanikern zu kaufen bekommen. Dasselbe bildet gleichfalls eines der zum Experimentiren erforderlichen Hilfsmittel.

k) Ich wünsche das Experimentiren auch solchen Schülern möglich zu machen, die nur über geringe

Geldmittel verfügen, weshalb ich als Hilfsmittel hiezu Dinge angeführt habe, die äusserst wenig kosten. Ein Fuchsschweif, wie solche zum Abstauben von Möbeln verwendet werden, wäre gleichfalls anzuschaffen.

V.

Elektrische Anziehung.

Bringen Sie Ihr Siegelwachs, Ihre Guttapercharöhren und Ihre Reibzeuge aus Flanell und Seide nahe ans Feuer, damit dieselben vollständig trocknen. Sorgen Sie besonders dafür, dass die Glasröhren und die seidenen Reibzeuge nicht blos warm, sondern heiss werden. Fahren Sie hierauf rasch mit dem trockenen Flanell einmal oder zweimal über eine Siegelwachsstange oder Guttapercharöhre hinweg.

Die geringste Reibung genügt, um die Anziehung des balancirten, in Fig. 2 dargestellten Strohhalmes zu bewirken. Wiederholen Sie den Versuch mehrmals und führen Sie den Strohhalm mittelst der im geriebenen Körper entstandenen Anziehung im Kreise herum. Thun Sie hierauf ein Gleiches mittelst der mit Seide geriebenen Glasröhre.

Ich lege auf die vorangegangene Erhitzung der Glasröhre darum so grosses Gewicht, weil kaltes Glas die Eigenthümlichkeit besitzt, die Feuchtigkeit der umgebenden Luft auf seiner Oberfläche in Gestalt einer dünnen Schicht zu condensiren, welcher Niederschlag unbedingt verhindert werden muss.

Fleissige Uebung im Experimentiren kann nicht genug empfohlen werden, um dadurch die nöthige Fertigkeit zu erlangen. Führen Sie daher diese Anziehungsversuche mit Kleie, Papierschnitzeln, Schlaggold, Seifenblasen und sonstigen leichten Körpern fort, indem Sie andererseits geriebenes Glas, Siegelwachs und Gutta-percha in Anwendung bringen. Faraday liebte es, hohle Eierschalen, Ringe aus Papier und sonstige leichte Körperchen mittelst erregter Röhren in rollende Bewegung zu versetzen.

Nur in dem Falle, wenn die elektrische Kraft sehr schwach ist, werden Sie Ihre Zuflucht zu dem balancirten Strohhalm zu nehmen gezwungen sein; denn mittelst der erwähnten Siegelwachsstangen und Röhren vermag man schon Gegenständen von grösserem Gewichte, wenn dieselben nur in gehöriger Weise aufgehängt sind, Bewegung zu ertheilen.

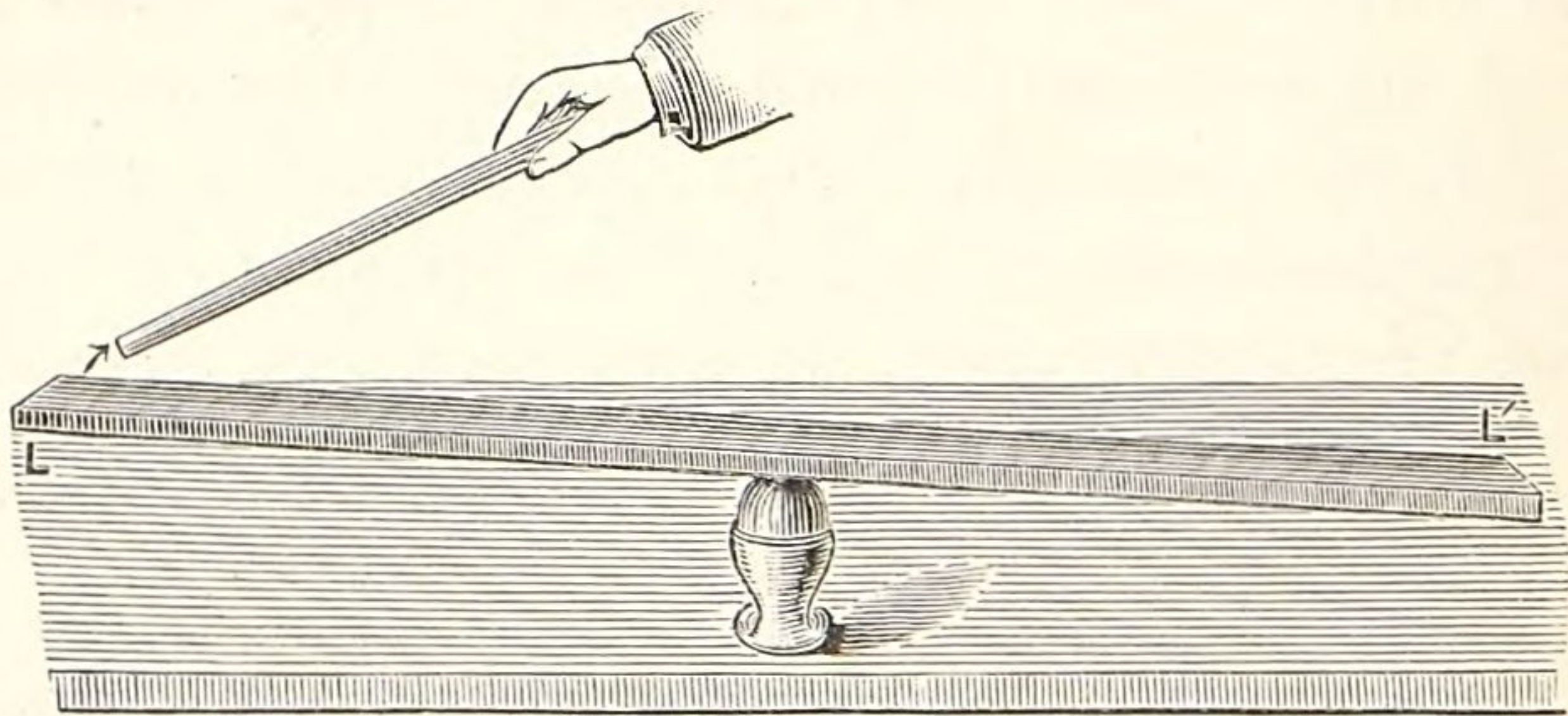
Legen Sie z. B. einen gewöhnlichen Spazierstock in den, an einem schmalen Seidenbändchen hängenden Aufhängehaken (Fig. 1) und ertheilen Sie ihm schwache horizontale Schwingungen.

Eine mit Seide geriebene Glasröhre und ebenso eine mit Flanell geriebene Siegelwachsstange oder Gutta-percharöhre wird den Stock im Kreise herumzuführen im Stande sein.

Lassen Sie nun den Aufhängehaken bei Seite; setzen Sie ein Ei in einen Eierbecher und legen Sie auf dasselbe eine lange Latte (Fig. 4), die ins Gleichgewicht zu bringen ist. Die Latte, wäre ihre Dicke auch die eines gewöhnlichen Brettes, wird dem geriebenen Glase, Siegelwachse oder der Guttapercha willig nachfolgen.

Nichts kann einfacher sein, als ein solcher aus einer Latte und einem Ei bestehender Apparat, welcher dessen-

Fig. 4.



ungeachtet vollständig genügt, um die Thatsache anschaulich zu machen. Je öfter Sie sich mit demselben beschäftigen, desto mehr Vergnügen wird er Ihnen verursachen.

Fahren Sie mit einem Ebonitkamm durch Ihre Haare. Bei trockenem Wetter werden Sie dabei ein Knistern vernehmen; sei jedoch das Wetter wie es wolle, so wird der geriebene Kamm stets eine Wirkung auf die Latte äussern. Beim Durchfahren durch die Haare wird in ihm Elektrizität erregt und er erlangt die Kraft, die Latte im Kreise herumzuführen.

Ist ihr Haar mit Oel geschmiert, so verringert dies die elektrische Erregung und Anziehungskraft im Kamme nicht um das Geringste; sowie Sie jedoch das Haar mit Wasser befeuchten, findet keine Erregung statt; ein durch nasses Haar gezogener Kamm äussert auf die Latte gar keine Wirkung. Sie werden in der Folge die Ursache dieser Erscheinung kennen zu lernen Gelegenheit finden.

Legen Sie den Kamm, nachdem Sie ihn durch Ihr trockenes oder geöltes Haar gezogen haben, statt der früheren Latte nun selbst auf das Ei, so werden Sie sehen, dass, wenn Sie ihm die Latte nähern, er durch dieselbe angezogen wird. Dieser Versuch beweist Ihnen, dass die Anziehung eine gegenseitige sei; der Kamm zieht die Latte, und die Latte den Kamm an. Legen Sie nun Ihr Glas, Ihre Guttapercha und Ihr Siegelwachs, nachdem Sie diese Gegenstände gerieben haben, in Ihren Aufhängehaken ein, so werden dieselben von einer genäherten Latte in gleicher Weise angezogen, wie die Latte früher von ihnen angezogen wurde. Dieses Experiment ist eine Erweiterung der Versuche Boyle's mit suspendirtem Bernsteine (II).

Den Grund, warum nichtelektrisirte Körper erregte Körper, wie Glas, Siegelwachs und Guttapercha, nicht nur anziehen, sondern gleichfalls von denselben angezogen werden, werden Sie später einsehen lernen.

Eine äusserst auffallende Anziehungserscheinung kann mittelst des in Cap. IV erwähnten Brettchens und Kautschukstückes hervorgerufen werden. Wenn Sie auf das Brettchen, nachdem sie dasselbe recht heiss gemacht haben, einen gut erwärmten Papierbogen legen, werden Sie keine Anziehung bemerken. Sobald Sie jedoch mit dem Kautschuk rasch über das Papier streifen, wird sich dasselbe fest an das Brett heften. Ziehen Sie hierauf das Papier von dem Brettchen weg, und zwar mit ausgestrecktem Arme, damit es mit Ihrem übrigen Körper in keine Berührung gelange, und bringen Sie es einer Thüre oder einer Wand nahe, so wird dasselbe sich mit Lebhaftigkeit an diese Gegenstände anlegen. Ein derartig

erregter Papierbogen äussert gleichfalls schon in ziemlicher Entfernung eine mächtige Anziehung auf die balancirte Latte.

Das Streichen eines Papierbogens mit der Hand, mit Leinwand oder Waschleder bringt keine merkliche Erregung in ihm hervor. Der Grad der letzteren ist von der Natur der reibenden Substanz abhängig, und dies lehrt die Erfahrung allein. Letzterer verdanken wir auch die Kenntniss, dass bei harzigen Substanzen Flanell und bei Glas Seide das wirksamste Reibzeug abgeben.

Nehmen Sie bei Ihren Versuchen nichts von dem, was gesagt wird oder geschrieben steht, für wahr an, sondern trachten Sie sich selbst über Alles Gewissheit zu verschaffen. Wenden Sie Reibzeuge aus verschiedenen Substanzen an, und verschaffen Sie sich die Ueberzeugung des bereits von Newton bemerkten, vorhandenen Unterschiedes in ihrer Wirkung.

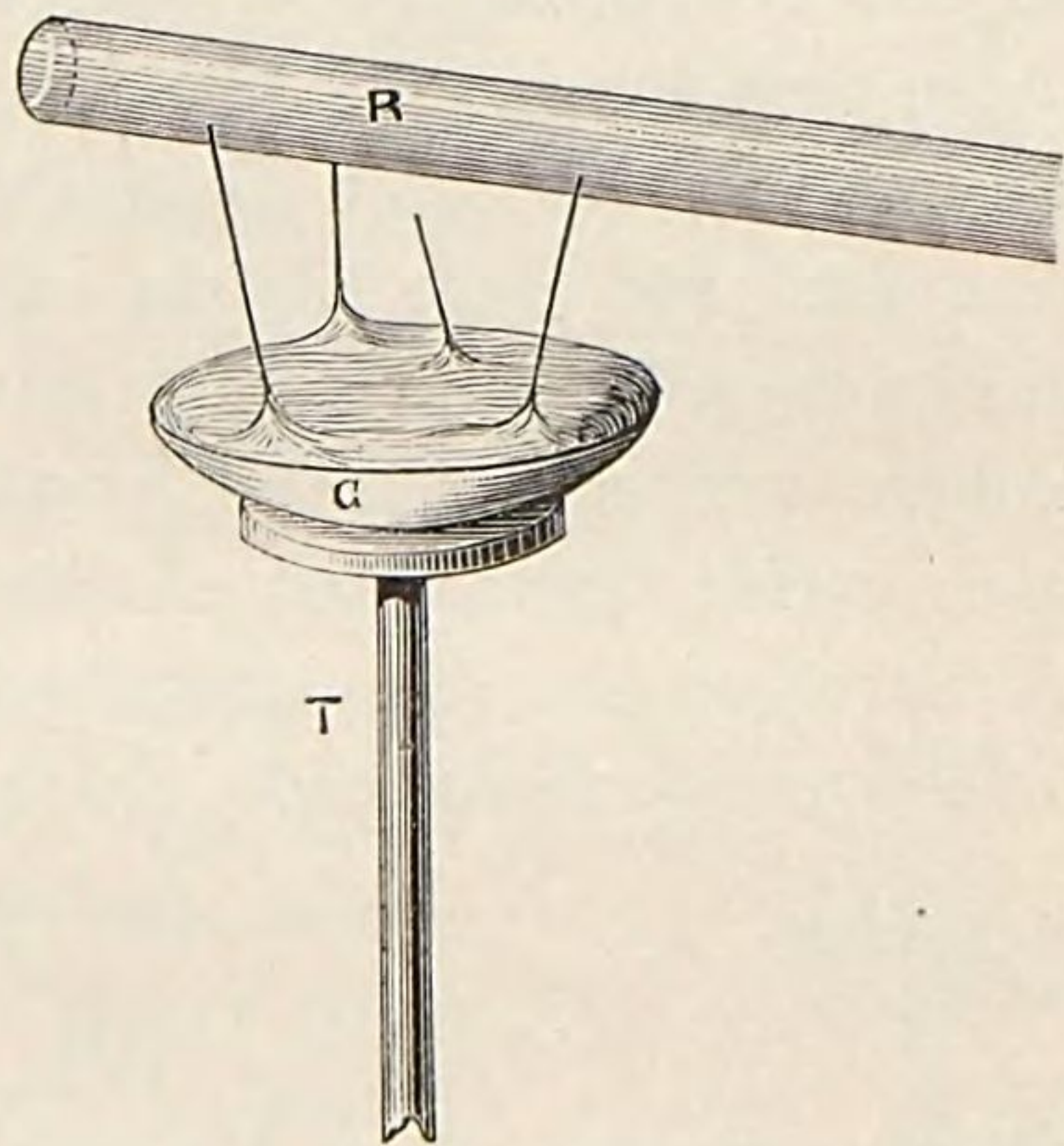
Variiren Sie gleichfalls die geriebenen Substanzen. Reiben Sie Paraffin, Stearinkerzen, Harz, Schwefel, Bienenwachs, Ebonit, Schellack, sowie auch Bergkrystall und andere glasartige Körper und lassen Sie dieselben auf die balancirte Latte einwirken. Collodionhäutchen, vulcanisirter Kautschuk, sowie auch heisses Packpapier werden, rasch mit der Hand gerieben, gleichfalls die Latte anziehen und von derselben angezogen werden.

Ueberzeugen Sie sich ferner von dem Einflusse der Hitze auf Papier. Breiten Sie einen kalten Papierbogen auf einem kalten Brette oder Tische aus. Ist die Luft nicht sehr trocken, so bringt das Reiben des Papiers, selbst wenn es mit Kautschuk vorgenommen wird, keine Wirkung hervor; der Bogen wird sich nicht an

den Tisch dicht anlegen. Ist es nun die Hitze, der das früher erwähnte rasche Anschmiegen desselben zuzuschreiben ist? Keineswegs. Denn wenn Sie Ihr Brett durch Untertauchen in siedendes Wasser und Ihr Papier durch einen auf dasselbe geleiteten Dampfstrahl erhitzen wollten, werden die beiden Gegenstände nicht die geringste Anziehung zu einander kundgeben. Die Wirkung der Erhitzung besteht einzig darin, dass durch dieselbe die Feuchtigkeit aus den Gegenständen ausgetrieben wird. Kaltes Wetter wirkt, wenn nur die Luft sehr trocken ist, sogar fördernd auf elektrische Erregungen. Bei Frost genügt ein rascher Strich der Hand über Flanell, Seide oder einen Katzenrücken, um elektrische Erregung hervorzurufen.

Der Versuch der Florentiner Akademiker, durch den sie die Anziehung von Flüssigkeiten anschaulich machten, ist hübsch und werth wiederholt zu werden. Füllen Sie ein Uhrglas mit Oel, bis selbes um ein Weniges über den Rand des Glases emporragt. Sowie Sie eine stark geriebene Glasstange der Oberfläche nähern, werden Erhebungen an mehreren Punkten derselben sichtbar, von welchen Tropfen auf die Glasstange emporspringen. Dies ist in Fig. 5 dargestellt, auf welcher *G* das Uhr-

Fig. 5.



glas, T den Ständer und R die erregte Glasstange bezeichnen.*)

Wenn Sie eine erregte Glasröhre ziemlich knapp an Ihrem Gesichte vorüberziehen, so wird Ihnen dies, wie es bei Hawksbee der Fall war, eine Empfindung hervorrufen, wie wenn ein Spinnengewebe über das Gesicht gezogen würde. Gleichzeitig wird sich Ihnen ein eigenthümlicher Geruch kundgeben, der von einer, durch die Elektrizität hervorgerufenen Substanz herrührt, die den Namen Ozon führt.

Während Sie noch mit dem Reiben der Glasstange beschäftigt sind, werden Sie ein von den alten Elektrikern so oft erwähntes zischendes und knisterndes Geräusch dabei vernehmen, und falls das Reiben in einem finsternen Raume vor sich geht, Gelegenheit haben, das zu sehen, was Jene mit dem Namen »elektrisches Feuer« zu bezeichnen pflegten. Nimmt man statt einer Röhre ein hohes, vorher erhitztes Trinkglas und reibt es stark mit einem erwärmten Reibzeuge, so gewähren die Ausströmungen des »elektrischen Feuers« im Dunkeln eine äusserst auffallende Erscheinung.

VI.

Entdeckung der Leitungsfähigkeit und der Isolirung.

Hier müssen wir abermals auf den verdienstvollen Forscher Stephan Gray zurückblicken. Derselbe machte

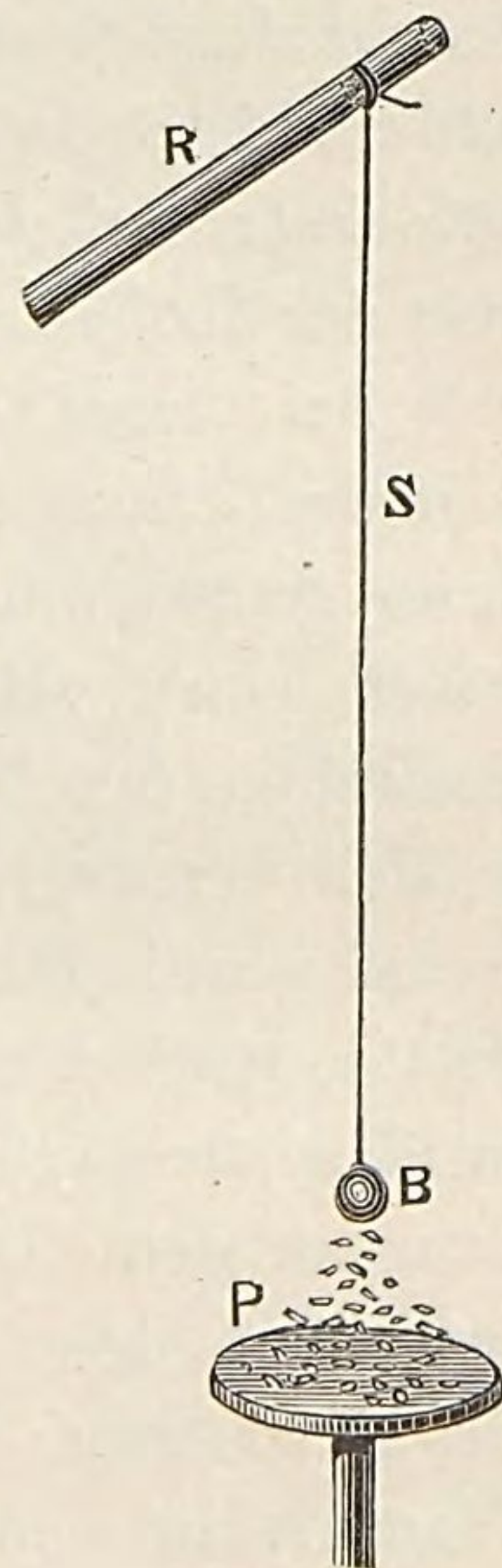
*) Das Uhrglas ist anstatt auf eine breite Unterlage auf einen Ständer von geringer Oberfläche zu stellen. Das Experiment eignet sich vorzüglich zur Projection auf einen Schirm.

im Jahre 1729 Versuche mit einer Glasröhre, deren eines Ende durch einen Kork verschlossen war. Wurde die Röhre gerieben, so zog der Kork leichte Körperchen an. Gray erwähnt, dass ihn dies »sehr überraschte«. und »schloss daraus, dass sich die Anziehungskraft dem Korke mitgetheilt hatte«. Dies war der Ursprung unserer Kenntniss der elektrischen Leitungsfähigkeit.

Gray fand ferner, dass ein 4 Zoll langes Stäbchen aus weichem Holze, das er mit einem seiner Enden in den Kork gesteckt hatte, gleichfalls leichte Körperchen anzog. Er wendete nun längere Stäbchen an und fand noch immer, dass ihre freien Enden Anziehungskraft besaßen. Er dehnte hierauf seine Versuche auf Packschnüre und Drähte aus. Indem er eine solche Schnur *S*, Fig. 6, an eine aus dem Fenster eines oberen Stockwerkes herausragende Glasstange *R* befestigte und das untere Ende *B* bis nahe zum Boden herabhängen liess, bemerkte er, dass letzteres leichte Körper an sich zog, sobald die Glasstange lebhaft gerieben wurde.

Das bemerkenswertheste Experiment Gray's war jedoch folgendes: er hing eine lange Hanfschnur wagrecht an gewöhnlichen Packschnüren auf, und fand, dass sich durch erstere die Elektrizität nicht fortpflanzte. Er ersetzte hierauf die Packschnüre durch Seidenfäden, und die aufgehängte 765 Fuss lange Hanfschnur zeigte noch

Fig. 6.



Anziehungskraft an ihrem entfernten Ende. Er schrieb anfänglich die Wirkung der grossen Dünne der Seidenfäden zu; nachdem er jedoch einen derselben, der abgerissen war, durch einen noch dünneren Metalldraht ersetzt hatte, unterblieb jede Aeusserung von Anziehungskraft am Ende der Hanfschnur. Dies rief in ihm die Erkenntniss wach, dass das Resultat nicht dem Durchmesser der Aufhängeschnüre, sondern dem Umstande zuzuschreiben sei, dass dieselben aus Seide angefertigt waren. Dieser Versuch bildete den Ausgangspunkt unserer Kenntniss der Isolirung.

Bei dieser Gelegenheit dürfte es nicht uninteressant sein des Eifers zu erwähnen, den mehrere Forscher bei ihren Arbeiten an den Tag legten. Dr. Wells, der Verfasser einer sehrschönen Abhandlung, in der er das Entstehen des Thaues nachwies, beendigte dieselbe, als er sich bereits am Rande des Grabes befand. Stephan Gray war bereits im Sterben, als seine letzten Versuche stattfanden, so dass er selbst unfähig war seinen Bericht darüber niederzuschreiben. Auf seinem Todtenbette, und zwar an dem Tage vor seinem Hinscheiden, dictirte er denselben dem Secretär der königlichen Gesellschaft, Dr. Mortimer, welcher ihn hierauf in den »Philosophical Transactions« in Druck legte.

Eine Definition dürfte hier am Platze sein. Gewisse Substanzen besitzen, wie solches durch Stephan Gray bewiesen ward, im hohen Grade die Eigenschaft die Elektricität fortzupflanzen, während andere auf die Fortbewegung derselben hemmend einwirken. Erstere nennt man »Leiter«, letztere »Nichtleiter« oder »Isolatoren«.

Sie können nichts Besseres thun, als Gray's Versuche selbst zu wiederholen. Verschliessen Sie das eine Ende einer Glasröhre mit einem Korkstöpsel und reiben Sie die Röhre, indem Sie trachten dem Korke dabei so nahe als möglich zu kommen. Der Kork wird auf die balancirte Latte (Fig. 4), mit welcher Sie sich bereits beschäftigt haben, eine Anziehung ausüben.

Sollte in Ihnen die Vermuthung entstehen, dass, da das Korkende dem geriebenen Glasende so nahe liegt, die beobachtete Anziehung dem Glase und nicht dem Korke zuzumessen sei, so können Sie sich vom Gegentheile leicht überzeugen. Stecken Sie in den Kork einen Federhalter und reiben Sie die Glasröhre wie früher, so wird das freie Ende des Federhalters die Latte anziehen. Stecken Sie ein 3—4 Fuss langes Stäbchen aus weichem Holze in den Kork, so wird dessen entferntes Ende sofort die Latte in Bewegung setzen, sobald die Glasröhre gerieben wird. Dieses liefert den unwiderleglichen Beweis, dass die elektrische Kraft sich dem Stäbchen seiner ganzen Länge nach mitgetheilt hat.

VII.

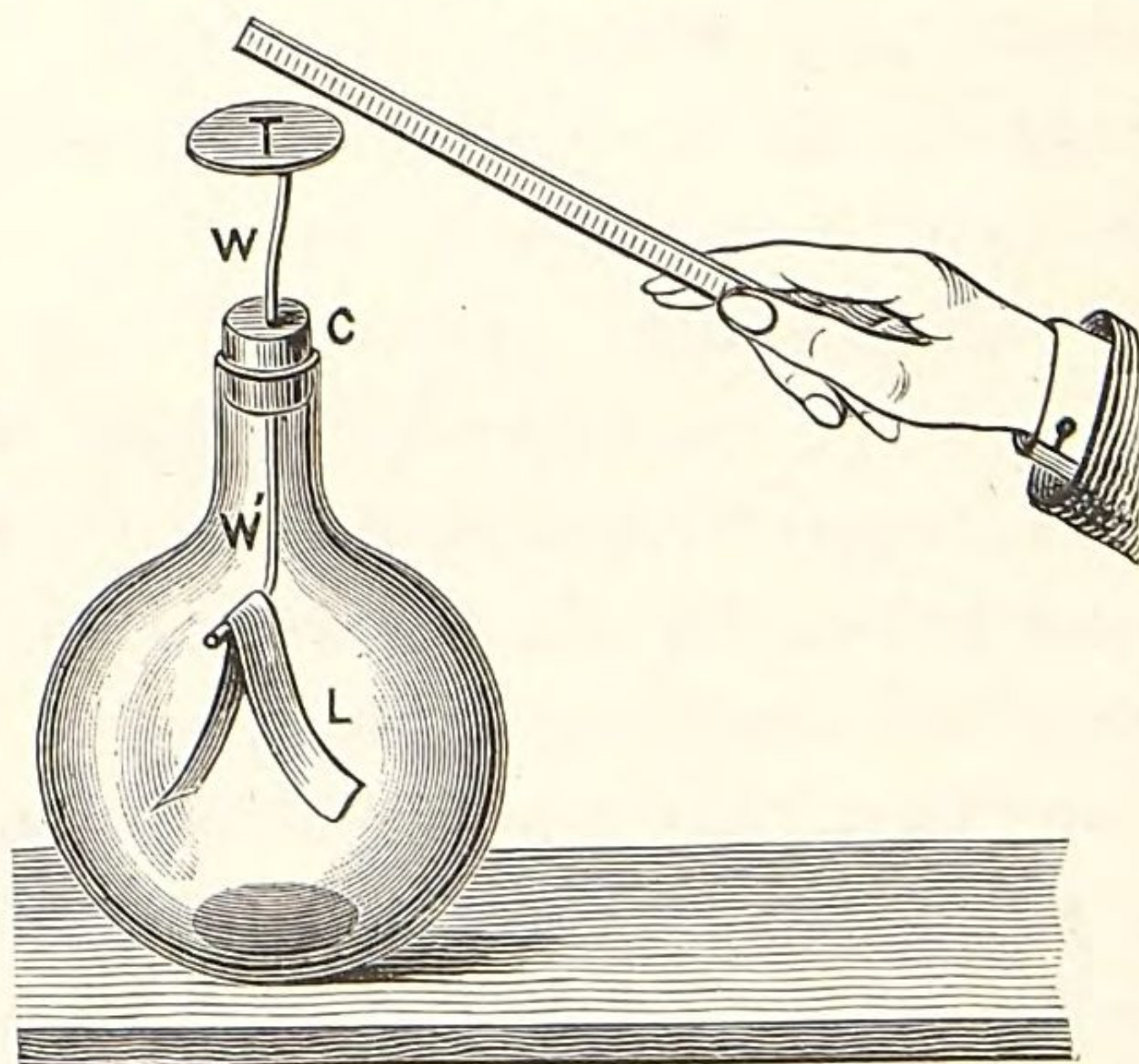
Das Elektroskop. Fortsetzung der Untersuchung der Leitungs- und Isolirungsgesetze.

Wir müssen nun unsere Apparate um einen vermehren. Sie können sich ein Büchlein sogenannten falschen Schlaggoldes um 24 Pfennige und eine Bauch-

flasche, wie jene in Fig. 7, für $\frac{1}{2}$ bis 1 Mark anschaffen.

Suchen Sie einen Kork *C*, der in den Hals der Flasche passt; stecken Sie einen Draht *W* durch den-

Fig. 7.



selben und biegen Sie ihn am unteren Ende im rechten Winkel. Kleben Sie mittelst Wachs an jenen abgebogenen, rechtwinkligen, etwa $\frac{3}{4}$ Zoll langen Haken zwei Streifen *L* falschen Blattgoldes von etwa 3 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll Breite. Diese Streifen werden aneinanderliegend gerade hinabhängen. Kleben Sie hierauf mittelst Siegelwachs das obere Drahtende an ein Plättchen von Weiss- oder Zinkblech *T* von etwa 2 Zoll Durchmesser. Haben Sie jedoch bei dem Kleben wohl acht, dass die gegenseitige Berührung der Metalle an den verschiedenen Theilen Ihres Apparates, der den Namen »Elektroskop« führt, durch das Wachs oder Siegellack nicht unterbrochen werde. Man verwendet zu solchen

Elektroskopen gewöhnlich echte Goldblättchen; ich empfehle jedoch falsches Blattgold, weil es billiger ist und sich besser mit demselben hantieren lässt.

Sehen Sie darauf, dass Ihre Flasche vollständig trocken und staubfrei sei. Sowie Sie nun eine geriebene Siegelwachs- oder Glasstange dem Blechplättchen *T* nähern, werden die Goldblättchen sich von einander entfernen; ziehen Sie hierauf die erregte Stange zurück, so klappen dieselben wieder aneinander. Die Ursache dieser Erscheinung werden wir in Bälde der Untersuchung unterziehen. Wiederholen Sie das Nähern und Entfernen der geriebenen Stange mehrmals. Berühren Sie nun den Rand des Plättchens *T* mit Ihrem geriebenen Glase oder Siegelwachse, so werden die Blättchen gleichfalls auseinanderweichen; wenn Sie jedoch den Erreger entfernen, so verbleiben sie in ihrer von einander getrennten Stellung. Beim früheren Experimente wurde Ihrem Elektroskope keine Elektrizität mitgetheilt; bei dem letzteren wurde sie ihm mitgetheilt. Vorläufig ersuche ich Sie blos der Annahme Raum geben zu wollen, dass das Verharren der Blättchen in ihrer divergirenden Stellung der stattgefundenen Mittheilung der Elektrizität zuzuschreiben sei.

Wir sind nun so weit gelangt, um Gray's Versuche in einer von der seinigen abweichenden Weise vornehmen zu können. Verbinden Sie das eine Ende eines langen Drahtes mit dem Plättchen *T* des Elektroskopes und winden Sie das andere Ende um Ihre Glasröhre. Reiben Sie letztere nun lebhaft und zwar bis nahe zur Drahtumwindung. Ein einziger in gehöriger Weise vollführter Strich des Reibzeuges genügt, um das Auseinanderfahren

der Goldblättchen zu bewirken. Elektricität wurde hierbei augenscheinlich durch den Draht dem Elektroskope zugeführt.

Machen Sie nun den gleichen Versuch mit einem Zwirnfaden statt des Drahtes und reiben Sie die Röhre lebhaft. Die Blättchen werden nun zwar gleichfalls auseinanderweichen, Sie werden jedoch einen grossen Unterschied in der Lebhaftigkeit, mit welcher dieses vor sich geht, wahrnehmen. Sie werden zur Ueberzeugung gelangen, dass Draht die Elektricität besser leite als Zwirn. Substituieren Sie nun für den Zwirn einen Seidenfaden und reiben Sie hierauf so stark Sie können, so wird keine Divergenz der Blättchen erfolgen. Seide vermag die Elektricität unter keiner Bedingung zu leiten.

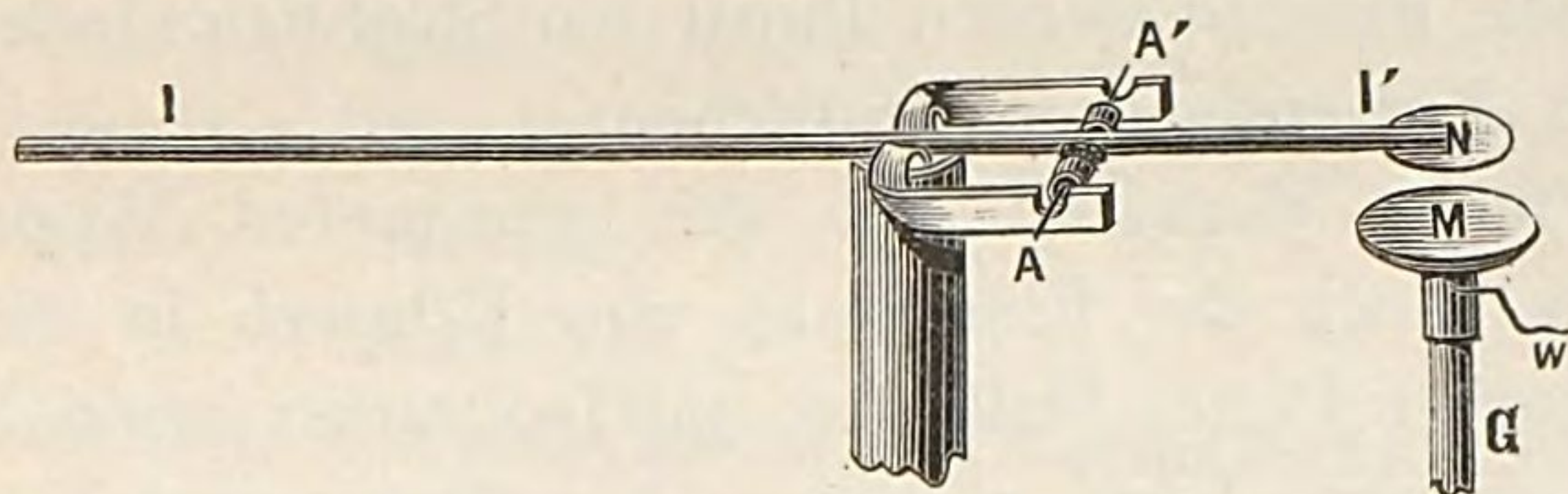
Wir können jetzt den Einfluss der Feuchtigkeit mittelst eines Versuches ermitteln. Benetzen Sie Ihren Seidenfaden seiner ganzen Länge nach mit Wasser und drücken Sie das um die Röhre zu schlingende Ende aus, damit das Wasser desselben nicht längs der Röhre herabzutraufen vermöge, und reiben Sie hierauf letztere. Die Blättchen des Elektroskopes werden sofort auseinanderfahren. Das Wasser ist in diesem Falle die leitende Substanz. Der Einfluss der Feuchtigkeit wurde zuerst durch Du Fay (1733—1737) dargethan, dem es gelang, Elektricität durch eine 1256 Fuss lange nasse Packsehnur zu leiten.

Es dürfte überflüssig sein, über das Wesen des Gray'schen Versuches weiteres zu sagen, durch welchen er zur Ueberzeugung der Unmöglichkeit gelangte, durch eine an Drähten oder hanfenen Fäden hängende Schnur Elektricität von einem Ende derselben zum anderen zu

leiten. Es ist klar, dass dieselbe in beiden Fällen durch diese Fäden zur Erde abströmte.

Mein Assistent, Herr Cottrell, welcher sich zu Ihren und meinen Gunsten gar vielen angestregten Arbeiten unterzog, construirte ein Elektroskop, dessen wir uns bei diesen Vorträgen häufig bedienen werden.

Fig. 8.



M (Fig. 8) ist ein Metall- oder auch mit Stanniol überzogenes Holzplättchen, das sich am oberem Ende einer Glas- oder Siegelwachsstange *G* angebracht befindet. *N* ist ein anderes, aus falsch vergoldetem Papiere angefertigtes Plättchen, an das ein langer Strohhalm *i' i* mittelst Siegelwachs angeklebt ist und das beiläufig einen Zoll oberhalb des früher erwähnten Plättchens schwebend erhalten bleibt. (Der lange Strohhalm ist in der Zeichnung verkürzt dargestellt.)

A' A ist eine horizontale, aus einer Nähnadel dargestellte Achse, die auf einem bügelförmigen Blechstreifen ruht, wie solches aus der Zeichnung ersichtlich ist. Durch Beschwerung des Strohhalmes an seinem *i'* Ende mittelst eines kleinen verschiebbaren Drahtreiters vermag der Strohhalm in eine derartige Lage versetzt zu werden, dass zwischen den beiden Plättchen *N* und *M* nur ein ganz kleiner Spielraum bleibt. Der Draht *W*, welcher volle hundert Fuss lang sein kann, läuft von *M*

aus, und sein entgegengesetztes Ende wird über die zu reibende Glasröhre gewunden. Ein einziger lebhafter Strich über letztere mit dem Reibzeuge genügt, um Elektrizität durch den Draht *W* nach *M* zu leiten, durch deren Action das Plättchen *N* an das Plättchen *M* herangezogen wird, während das entgegengesetzte lange Ende des Halmes um ein Namhaftes emporsteigt. Später folgende Figuren werden Ihnen den Strohhalm-Index und dessen Anwendung verdeutlichen.

Einige Versuche mit den genannten Apparaten werden Ihnen die Einreihung von Körpern in die drei Kategorien: Leiter, Halbleiter und Isolatoren, ermöglichen. Es folgt eine Liste mehrerer derselben, wobei jedoch bemerkt werden muss, dass zwischen den, in eine und dieselbe Kategorie fallenden Substanzen gleichfalls bedeutende Unterschiede obwalten.

Leiter:

Metalle
Gut gebrannte Holzkohle
Concentrirte Säuren
Salzlösungen
Regenwasser
Leinenzeug
Lebende Pflanzen und Thiere.

Halbleiter:

Alkohol und Aether
Trockenes Holz
Marmor
Papier
Stroh.

Nichtleiter oder Isolatoren:

Fette Oele
Kreide
Kautschuk
Trockenes Papier
Haare
Seide
Glas
Wachs
Schwefel
Schellack.

Sie können nun eine Reihe von Versuchen anstellen, indem Sie die Substanzen wechseln. Führen Sie Ihre erregte Glas- oder Siegelwachsstange an das Metallscheibchen des Elektroskopes, um die Goldblättchen dadurch zum Auseinanderweichen zu bringen. Berühren Sie hierauf das Plättchen mit einem der genannten Leiter, so werden die Goldblättchen augenblicklich zusammenfallen. Berühren Sie es mit einem Halbleiter, so fallen sie zwar auch zusammen, aber mit einer trägeren Bewegung. Berühren Sie es schliesslich mit einem Nichtleiter, durch den sich die Elektrizität nicht fortzupflanzen vermag, so verharren sie in ihrer divergenten Stellung.

VIII.**Elektrische und nichtelektrische Substanzen.**

Lange Zeit hindurch pflegte man die Körper in elektrische und nichtelektrische zu theilen, je nachdem dieselben bleibend erregt oder nicht erregt zu werden

vermochten. So z. B. nannte man die durch Dr. Gilbert untersuchten Substanzen, wie Bernstein, Spathe, Edelsteine, Gläser und Harze elektrische, Metalle hingegen nichtelektrische Körper. Es muss uns nun obliegen, die wahre Bedeutung dieser Unterscheidung zu ermitteln.

Nehmen Sie successive ein Stück Messing, ein mit Stanniol belegtes Holzstück, eine bleierne Flintenkugel, einen Apfel, eine Birne, eine Steckrübe, Möhre, Gurke oder auch ein nicht zu trockenes abgerindetes Holzstück zur Hand und peitschen Sie diese Gegenstände lebhaft mit Flanell oder mit einem Fuchsschwanz, so wird keiner derselben die schwebende Latte (Fig. 4) anziehen oder irgend ein Symptom elektrischer Erregung zeigen. Sie würden daher sämtlich in früherer Zeit unter die nichtelektrischen Körper eingereiht worden sein.

Hängen Sie nun die gleichen Gegenstände an Seidenfäden auf, deren oberes Ende Sie in der Hand halten, so wird jeder derselben, nachdem er gepeitscht wurde, die Latte anziehen.

Denken Sie über die Bedeutung dieses Versuches nach. Wir haben einen Nichtleiter, den Seidenfaden, zwischen unsere Hand und den Gegenstand eingeschaltet, und finden nun, dass, wenn wir denselben peitschen, der früher als nichtelektrisch bekannte Körper sich zu einem elektrischen umgestaltet hat.

Die Ursache dieser Erscheinung ist klar. Obgleich in beiden Fällen durch die mit dem Peitschen verbundene Reibung Elektrizität erregt wurde, so strömte dieselbe, so lange der Körper in der Hand gehalten wurde, augenblicklich durch Ihren Leib zur Erde ab. Der Seidenfaden aber gestattet kein Abströmen derselben; die

einmal erregte Elektrizität verbleibt im suspendirten Körper, und die Folge hiervon ist die Anziehung der Latte.

In gleicher Weise wird eine in der Hand gehaltene, mit einem Fuchsschwanz gepeitschte Messingröhre keine Anziehungskraft äussern; kitten Sie jedoch in das eine Ende derselben eine Stange aus Siegelwachs, Ebonit oder Guttapercha und nehmen Sie das hervorragende Ende der eingekitteten Substanz in die Hand, so äussert die Messingröhre, wenn sie gepeitscht wird, sofort Anziehungskraft.

Nun besitzen Sie bereits ein besseres Verständniss dessen, was beim Versuche mit dem erhitzten Papierbogen und dem Kautschuk vor sich ging. Papier und Holz ziehen stets Feuchtigkeit aus der Luft an sich. Durch das Bestreichen des Bogens mit Kautschuk wurde zwar Elektrizität erregt; da jedoch feuchtes Papier ein guter Leiter ist, so strömte die erzeugte Elektrizität sofort durch dasselbe zur Erde ab.

Verschaffen Sie sich in Allem und Jedem sichtliche Beweise. Befestigen Sie einen Seidenfaden an einen Bogen kalten Schreibpapiers, legen Sie den Bogen auf ein kaltes, auf trockenen Trinkgläsern ruhendes Brett; fahren Sie mit dem Kautschuk über den Bogen; heben Sie denselben hierauf mittelst des Seidenfadens vom Brette ab, aber geben Sie dabei acht, ihn nicht zu berühren, indem er sich sonst augenblicklich entladen würde; — und Sie werden finden, dass er elektrisch geworden sei. Sie können mittelst desselben Ihr Elektroskop laden oder ihre schwebende Latte aus einiger Entfernung anziehen.

Der menschliche Körper wurde unter die nichtelektrischen Körper eingereiht. Ueberzeugen Sie sich von der Ursache. Stellen Sie sich auf den Fussboden des Zimmers und lassen Sie sich von einem Ihrer Bekannten mit einem Fuchsschwanz peitschen. Halten Sie hierauf den Knöchel eines Ihrer Finger gegen die schwebende Latte; es wird keine Anziehung derselben erfolgen. Warum? Sie standen auf der Erde, und die durch das Peitschen erregte Elektrizität strömte durch Ihren Körper zu derselben ab.

Stellen Sie nun vier Trinkgläser auf den Boden, legen Sie ein Brett darüber, treten Sie auf das Brett und halten Sie den Knöchel gegen die Latte. Der erste gut ausgeführte Streich mit dem Fuchsschwanz wird die Anziehung der Latte zur Folge haben. Wollten Sie sich auf einen Harz- oder Ebonitkuchen oder ein Blatt guten Kautschuks stellen, so hätte solches die gleiche Wirkung. Mit der hierbei erregten Elektrizität können Sie Ihr Elektroskop laden.*)

Wenn Sie einen Mackintosh (Kautschuk-Regenmantel) über sich werfen, so wird durch Peitschen desselben mittelst eines Fuchsschwanzes die Anziehungskraft bedeutend verstärkt. Geschieht das Peitschen mit gehöriger Lebhaftigkeit, so wird, sobald Sie Ihren Knöchel Ihrem Freunde nähern, ein Funke von demselben auf letzteren überspringen.

Das Experiment mit dem Mackintosh liefert Ihnen einen neuen Beweis, dass es nicht das Reiben oder

*) Bei Verwendung von Trinkgläsern ist einige Vorsicht nöthig. Viele derselben sind aus Glassorten gefertigt, die die Elektrizität gut leiten, wodurch sie sich für derartige Versuche nicht eignen.

Peitschen im Allgemeinen ist, was elektrische Erscheinungen hervorruft, sondern dass letztere von der speciellen Natur der sich reibenden Stoffe abhängig sind.

Wir ersehen somit, dass nichtelektrische Körper ebenso gut wie elektrische erregt zu werden vermögen, vorausgesetzt dass durch Einschaltung einer isolirenden Substanz deren Contact mit der Erde verhindert wurde, und dass unter der alten Benennung »elektrisch« und »nichtelektrisch« nichts anderes zu verstehen sei, als Leiter und Nichtleiter oder Isolatoren.

IX.

Elektrische Abstossung, Entdeckung des Vorhandenseins zweier Elektricitäten.

Im Bisherigen haben wir uns fast ausschliesslich nur mit elektrischer Anziehung befasst; aber schon Otto von Guericke hatte bei seinem in Cap. II. erwähnten Experimente die Abstossung eines Federchens von seiner erregten Schwefelkugel bemerkt. Ich selbst habe auch bei der Beschreibung des Goldblättchen-Elektroskopes (VII.) in dieser Richtung bereits vorgegriffen, als ich erwähnte, dass die bleibende Divergenz der Blättchen die Ladung des Apparates mit Elektricität anzeige.

Du Fay, der mit Recht als der Entdecker dieses Phänomens angesehen wird, machte die Beobachtung, dass ein frei in der Luft schwebendes Goldblättchen von

einem erregten Körper zuerst angezogen und hierauf wieder abgestossen werde. Später zeigte er, dass, wenn ein derartiges schwebendes Blättchen von geriebenem Glase abgestossen wird, dasselbe von geriebenem Harze angezogen wird; und umgekehrt, dass, sobald geriebenes Harz es abstösst, geriebenes Glas dasselbe an sich zieht. Hierauf gründete Du Fay die wichtige Behauptung, dass es zwei Arten Elektricität geben müsse.

Eine geraume Zeit hindurch erhielt sich für die Elektricität, die durch Reiben von Glas erregt wird, der Name »Glaselektricität« und für jene, die sich an geriebenem Harze kundgibt, der Name »Harzelektricität«. Beide Bezeichnungen sind jedoch sehr unpassend, denn durch Vertauschung der Reibzeuge vermögen wir im Glase Harzelektricität und im Harze Glaselektricität hervorzurufen.

Macht man die Aussenseite einer Glasröhre durch Schleifen derselben auf einem Schleifsteine rauh und reibt man hierauf die Röhre mit Flanell, so wird sich auf der Oberfläche derselben Harzelektricität kundgeben. Reibt man eine Siegelwachsstange mit vulcanisirtem Kautschuk, so erhält man hierdurch Glaselektricität. Sie können sich hiervon jeden Augenblick überzeugen.

Gegenwärtig gebrauchen wir als Bezeichnung jener Elektricität, die durch Reiben von Glas mittelst Seide hervorgerufen wird, den Ausdruck »positive« oder »Plus-Elektricität« und jener, die eine mit Flanell geriebene Siegelwachsstange kundgibt, mit dem Ausdrücke »negative« oder »Minus-Elektricität«. Diese Namen sind nichts anderes als Ausdrücke des Uebereinkommens; man hätte ebensogut die Glaselektricität negative und die

Harzelektrizität positive Elektrizität nennen können. Da obige Bezeichnungen jedoch allgemeine Annahme fanden, so müssen wir bei denselben bleiben.

X.

Grundgesetz der Elektrizität.

Bei allen unseren bisherigen Versuchen war die eine der Substanzen, die wir in Anwendung brachten, durch Reibung elektrisch erregt worden, während die andere sich in ihrem neutralen Zustande befand. Da wir uns jedoch nun einmal mit Untersuchungen befassen, so drängen sich uns beständig neue Fragen auf, durch deren Beantwortung wir unsere Kenntnisse erweitern, während die Beantwortung derselben abermals zur Stellung neuer Fragen führt. Fragen wir uns z. B.: Was würde die Folge sein, wenn, statt nur den einen der auf einander wirkenden Körper zu erregen, wir Beide erregten? So fragte sich Du Fay und fand die Antwort darauf. Versuchen wir nun selbst, eine Antwort auf diese Frage zu finden.

Nehmen Sie Ihren Suspendirhaken (Fig. 1) zur Hand und legen Sie eine ungeriebene Guttapercharöhre oder Siegelwachsstange hinein; überzeugen Sie sich jedoch vorher, dass keine von einem etwa vorausgegangenen Versuche herrührende freie Elektrizität noch an derselben haften. Sobald sie leichte Gegenstände nicht an sich zieht, ist sie neutral; zieht sie jedoch solche an, so

streifen Sie mit Ihrer Hand mehrmals über dieselbe, oder noch besser, ziehen Sie sie durch die Flamme einer Weingeistlampe. Auf diese Weise wird jede Spur von freier Elektrizität entfernt. Verschaffen Sie sich gleichzeitig die Ueberzeugung, dass diese ungeriebene Guttapercharöhre von einer geriebenen angezogen werde.

Heben Sie nun die ungeriebene Röhre aus dem Aufhängehaken und reiben Sie sie mit Flanell. Das eine Ende derselben, das Sie beim Reiben in der Hand hielten, bleibt hierbei unerregt. Beim abermaligen Einlegen der Röhre in den Haken merken Sie sich wohl, welches der beiden Enden das erregte sei. Sowie Sie nun eine zweite geriebene Guttapercharöhre dem erregten Ende der suspendirten nähern, findet eine kräftige Abstossung statt, so dass Sie dadurch die schwebende Röhre im Kreise vor sich herumzutreiben im Stande sind.

Nähern Sie jetzt eine geriebene Glasröhre dem erregten Ende der hängenden Siegelwachsstange, so gibt sich eine äusserst lebhafte Anziehung kund.

Machen Sie jetzt das gleiche Experiment mit Glasröhren von Stufe zu Stufe. Ueberzeugen Sie sich zuerst, dass eine geriebene Glasröhre die ungeriebene anziehe. Heben Sie hierauf eine ungeriebene Röhre aus dem Haken, reiben Sie dieselbe mit dem gehörigen Reibzeuge, legen Sie sie wieder ein und überzeugen Sie sich von der lebhaften Abstossung, die die Näherung einer anderen geriebenen Glasröhre hervorruft. Nähern Sie derselben sodann geriebene Guttapercha oder Siegelwachs, so wird sich die lebhafteste Anziehung kundgeben.

Diese Versuche führen Sie direct auf das elektrische Fundamentalgesetz, welches so lautet:

Mit gleicher Elektrizität geladene Körper stoßen einander ab, mit ungleicher geladene ziehen einander an. Positive Elektrizität stößt positive ab und zieht negative an; negative stößt negative ab und zieht positive an.

Denken Sie über weitere Versuche nach, die zur Vermehrung der Beweise der Richtigkeit dieses Gesetzes zu führen im Stande sind. Wiederholen Sie z. B. Otto von Guericke's Versuch. Hängen sie ein Federchen an einem Seidenfaden auf und nähern Sie demselben eine Glasröhre. Die Feder wird angezogen werden, wird das Glas berühren, und nachdem sie sich mit Elektrizität geladen hat, von demselben wieder abgestossen werden. Treiben Sie sie vor Ihrem Glase in verschiedenen Richtungen her.

Was Du Fay's Experiment mit dem Goldblättchen betrifft, so sollte dessen Wiederholung gleichfalls stattfinden; die Erklärung desselben wird später in Cap. XVIII gegeben werden.

Hängen Sie nun das Federchen an gewöhnlichen Leinenzwirn. Befindet sich keine isolirende Substanz zwischen der Feder und der Erde, so wird keine Abstossung der Feder zu bemerken sein. Warum nicht? Weil die von der Glasröhre ausgehende positive elektrische Ladung nicht in der Feder zurückgehalten bleibt, sondern durch den Zwirn zur Erde geleitet wird. Es findet daher in diesem Falle keine gegenseitige Action positiver Elektrizitäten statt. Die Ursache jedoch, warum ein neutraler (unerregter) Körper von einem erregten angezogen wird, findet, wie bereits erwähnt, im Späteren ihre Erklärung.

Nähern Sie Ihre geriebene Glasröhre dem drehbaren Strohhalm. Letzterer wird angezogen und wird sich an die Röhre anlegen. Der Strohhalm nimmt hierdurch

Fig. 9.

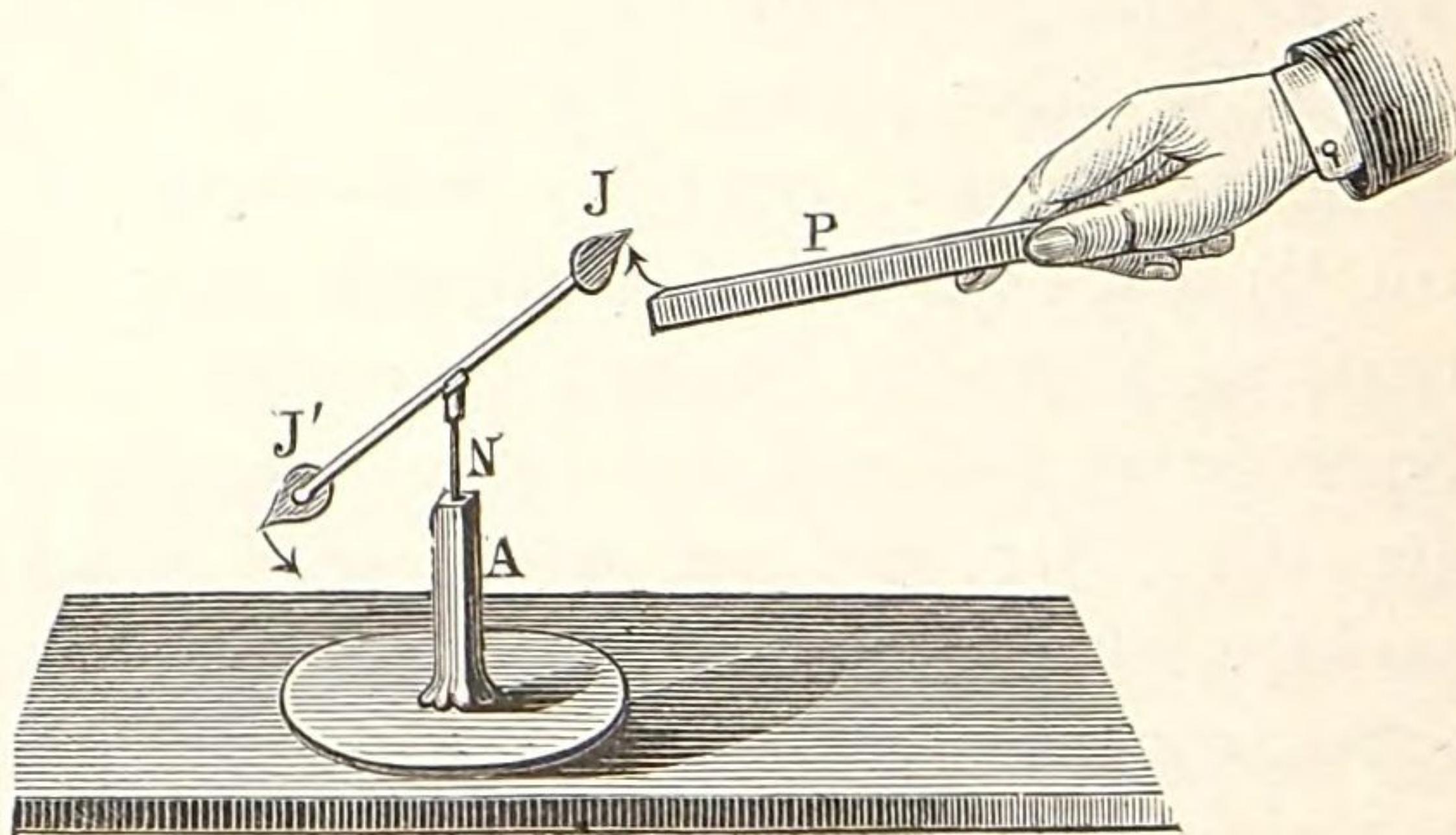
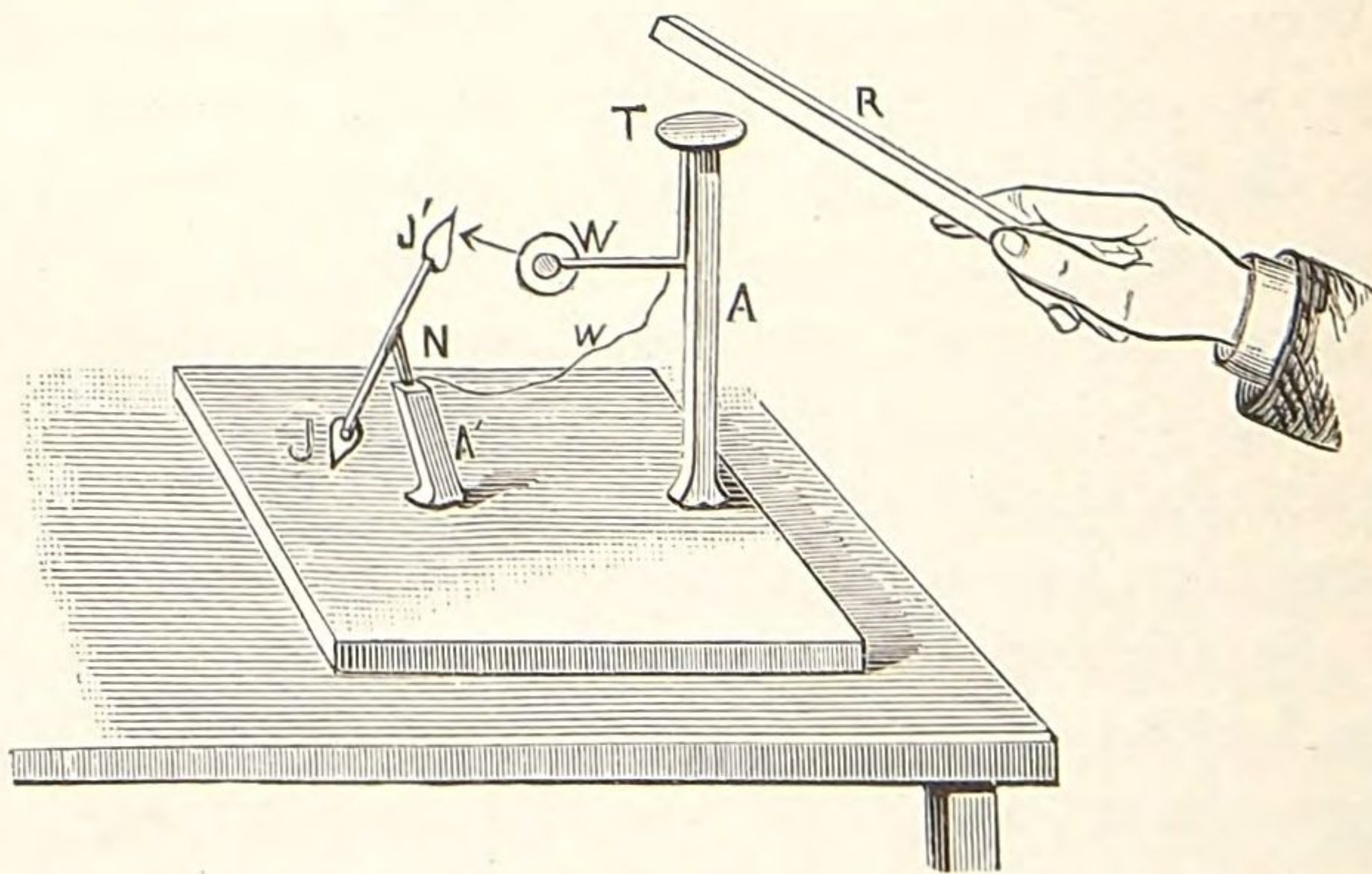


Fig. 10.



Elektrizität auf und wird wieder abgestossen, wie solches durch den Pfeil in Fig. 9 angedeutet ist.

Herr Cottrell hat ein äusserst einfaches in Fig. 10 dargestelltes Elektroskop erfunden, das vorzüglich ge-

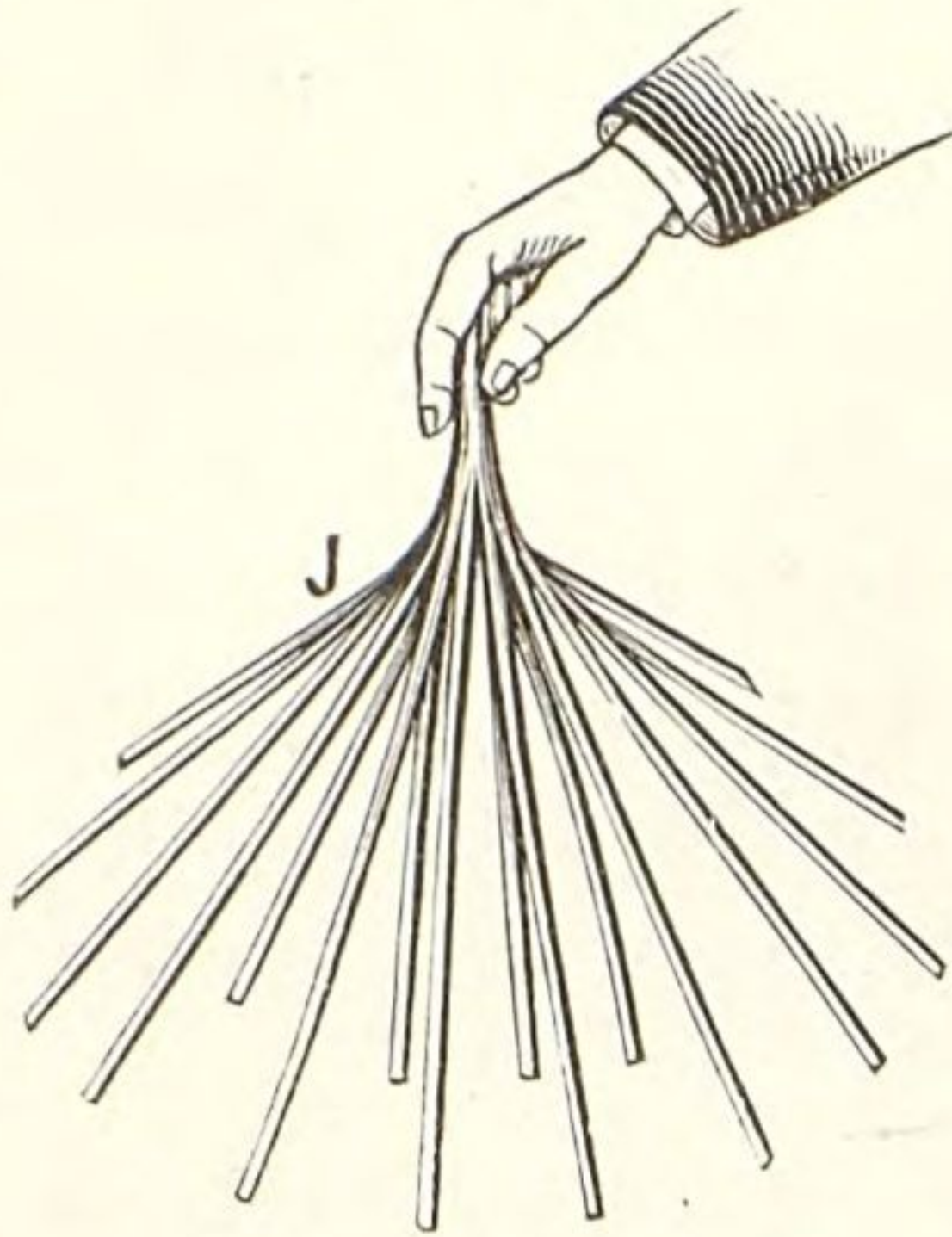
eignet ist, die Abstossungen vor Augen zu bringen. A ist eine Siegelwachsstange, an deren oberes Ende ein Blechplättchen T angeklebt ist. W ist ein vom Plättchen T auslaufender Draht, an dessen gebogenes Ende ein anderes Plättchen mittelst Wachs befestigt ist. JJ' ist der kleine, auf einer Nähnadel N schwebende Strohhalm-Index. Dessen Säule A' besteht gleichfalls aus einer Siegelwachsstange, welche jedoch in schräge Stellung gebracht wird, damit dadurch das Papierläppchen J' sich fest an das Plättchen W anlege, so lange keine elektrische Erregung im Apparate stattfindet. Sobald jedoch Elektrizität dem Plättchen T mitgetheilt wird, strömt dieselbe durch beide Drähte W und w in den Index und bewirkt hierdurch augenblickliche Abstossung.

Nicht leicht dürfte sich ein zur Ersichtlichmachung gegenseitiger Abstossung geeigneteres Experiment denken lassen, als folgendes: Erhitzen Sie Ihr Brettchen (V.) und wärmen sie gleichzeitig den Papierbogen. Breiten Sie letzteren über das Brett und erregen Sie ihn durch einen Strich mittelst des Kautschuks. Schneiden Sie hierauf zwei Streifen von dem Bogen, während derselbe noch am Brette haftet, und fassen Sie die beiden Streifen mit ihren Enden zwischen zwei Fingern zusammen. Sobald Sie nun die beiden Streifen vom Brette abgehoben haben und dieselben in der Luft hängen lassen, werden sie mit grosser Lebhaftigkeit sich gegenseitig abstossen und in einer weit auseinander gespreizten Stellung verharren.

Schneiden Sie in gleicher Weise eine grössere Anzahl Streifen von dem Bogen und fassen Sie diese an einem Ende zusammen, so dass sie eine Art Quaste bilden. Heben Sie sie nun von dem Brette ab und halten

Sie sie frei in der Luft. Dieselben werden sofort auseinander fliegen und eine an das Medusenhaupt erinnernde Form annehmen, wie eine solche in Fig. 11 angedeutet ist.*)

Fig. 11.



Ein anderes sehr schönes Experiment dürfte hier am Platze sein. Lassen Sie feinen Silbersand *S* (Glimmerstreusand) durch einen Trichter rieseln, dessen untere Oeffnung etwa $\frac{1}{4}$ Zoll beträgt. Stecken Sie das eine Ende eines Drahtes in den im Trichter befindlichen Sand und befestigen Sie das andere an eine erwärmte Glasröhre. So lange letztere nicht gerieben wird, fliesst der Sand aus dem

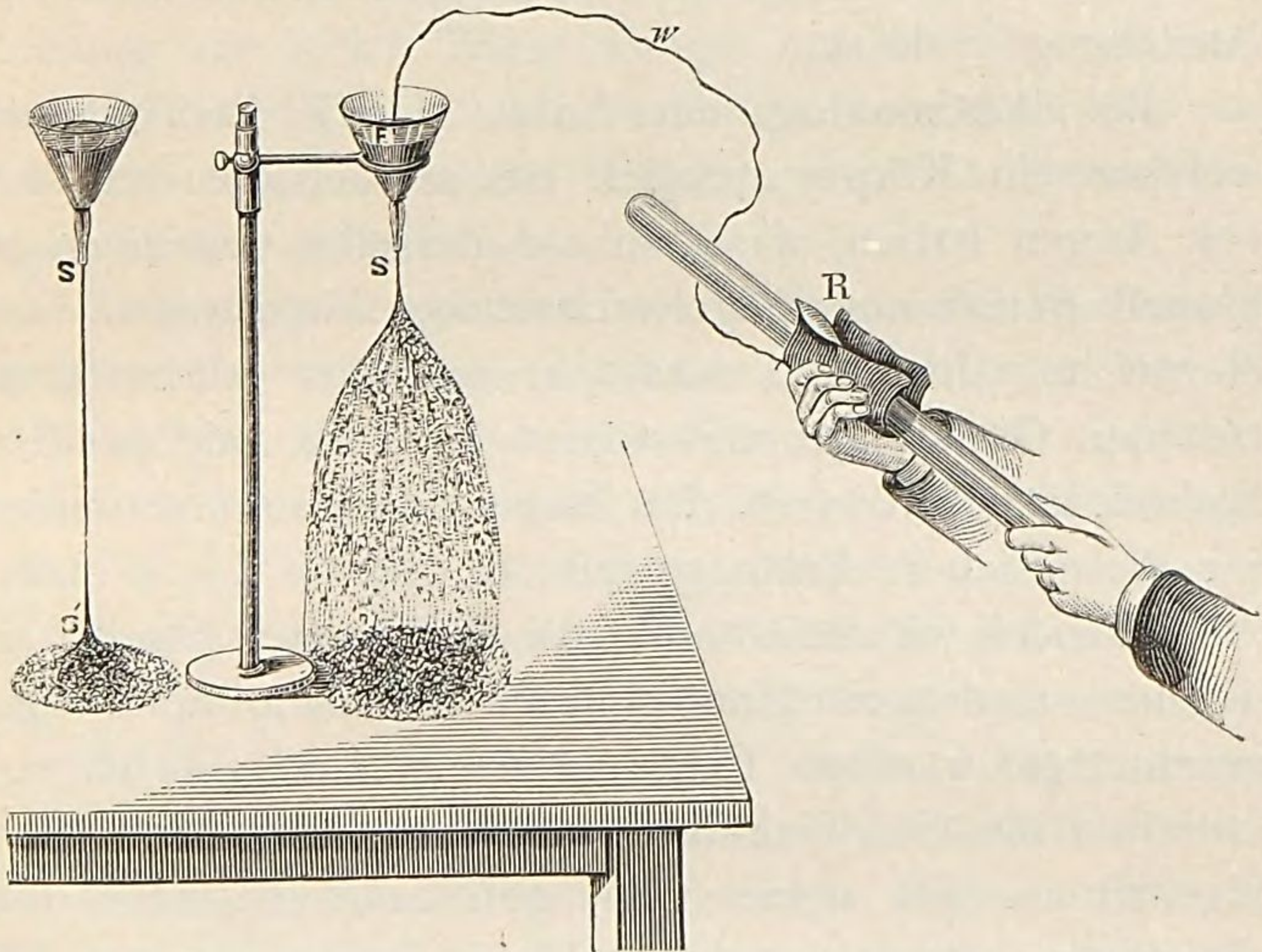
Trichter in Gestalt eines dünnen, ununterbrochenen Strahles, wie *S S'* Fig. 12; reibt man aber die Röhre, so fliegen die Sandkörner bei jedem Striche in Folge gegenseitiger Abstossung auseinander, wie solches in Fig. 13 dargestellt ist.**)

*) In einer meiner frühesten in der Royal Academy gehaltenen Vorlesungen war ich gerade im Begriffe, einen mit Kautschuk bestrichenen Papierbogen vom Brette abzuheben, um ihn der Wand zu nähern, als ich auf den Gedanken kam, denselben in Streifen zu schneiden und diese abstossend auf einander wirken zu lassen. Der Versuch ergab sogleich obiges Resultat. Faraday, welcher gerade gegenwärtig war, erklärte sich sehr durch denselben befriedigt. Das einfachste Experiment, wenn es nur dem Zwecke entsprach, pflegte ihm grosses Vergnügen zu gewähren.

**) Bei allen diesen Versuchen mit Elektroskopen ist die Benützung von Kreidelicht, oder noch besser von elektrischem Licht, sehr empfehlenswerth, indem durch Projectirung der Schatten auf einen weissen Schirm die Erscheinungen dem entferntesten Zuschauer ersichtlich gemacht werden.

Oder durchstechen Sie den Boden eines Gefäßes an mehreren Stellen mit einer Nadel; füllen Sie das Gefäß

Fig. 12 und 13.



mit Wasser und stellen Sie die Verbindung des Wassers mit der Glasröhre mittelst eines Drahtes in gleicher Weise wie früher beim Sande her. Wird die Glasröhre gerieben, so zerstäubt das ausströmende Wasser bei jedem Striche des Reibzeuges.

Diese Versuche lassen sich am schönsten mittelst Benützung des »Cottrell-Reibzeuges« ausführen, von welchem später im XXIV. Cap. die Rede sein wird.

Es handelt sich nun für Sie, die Weise der Prüfung eines erregten Körpers kennen zu lernen, um Gewissheit zu erlangen, dass derselbe mit positiver oder mit negativer Elektrizität geladen sei. Anziehung allein gibt

hierüber keinen Aufschluss, denn auch neutrale Körper werden von erregten angezogen. Im XIV. Cap. wird noch von einem weiteren Irrthume gesprochen werden, in welchen man leicht geräth, wenn man sich auf alleinige Anziehung verlässt.

Bei Bestimmung der Natur der Elektricität, mit welcher ein Körper geladen ist, müssen Sie sich stets vor Augen halten, dass, sobald derselbe von einer mit Flanell geriebenen Siegelwachsstange abgestossen wird, er mit negativer, und sobald er von einer mit Seide geriebenen Glasstange abgestossen wird, er mit positiver Elektricität geladen ist. Du Fay's Scharfsinn verdanken wir diese sichere Prüfungsweise.

Wenden wir dieselbe auf die elektrisirten Streifen an, welche aus den mit Kautschuk bestrichenen Papierbogen geschnitten wurden. Eine geriebene Guttapercharöhre, zwischen das Streifenbündel gehalten, wird sämtliche Streifen an sich ziehen; eine geriebene Glasröhre wird dieselben abstossen und ihre Divergenz vergrössern. Die in den Papierstreifen enthaltene Elektricität ist somit positiver Natur, da dieselben nicht nur von der negativ elektrisirten Guttapercharöhre angezogen, sondern gleichfalls von der positiv elektrisirten Glasröhre abgestossen wurden.

XI.

Elektricität des Reibzeuges. Zweifacher, „polarer“ Charakter der Elektricität.

Bisher haben wir uns mit der Action jeder der beiden Elektricitätsarten sowohl auf die Elektricität

gleicher, als auch entgegengesetzter Art beschäftigt, ohne dabei die Natur der Reibzeuge in nähere Betrachtung gezogen zu haben. Nun drängt sich die Frage in den Vordergrund: Was geht im Reibzeuge selbst in Folge der Reibung vor sich? Diese Frage müssen Sie wie jede andere Ihrer eigenen Untersuchung unterziehen, um von den auf experimentellem Wege ermittelten Thatsachen zu Schlüssen zu gelangen.

Prüfen Sie zuvörderst die Wirkung der Reibzeuge mittelst Ihrer schwebenden Latte. Sowohl der Flanell, mit welchem Sie soeben Ihr Guttapercharohr gerieben haben, als auch die Seide, mit der eine Glasröhre gerieben ward, werden die Latte anziehen.

Aus der sowohl seitens des Flanells als der Seide auf die Latte ausgeübten Anziehung lässt sich somit die Art der Elektricität, die in jenen Stoffen erregt worden war, noch nicht bestimmen. Wenn Sie jedoch die mit der Seide geriebene Glasröhre in Ihrem Haken aufhängen und das Flanellreibzeug derselben nähern, erfolgt Abstossung; nähern Sie ihr das seidene Reibzeug, Anziehung. Legen Sie hierauf Ihre geriebene Guttapercharöhre in den Haken und nähern Sie derselben das seidene Reibzeug, so erfolgt abermals Abstossung, während die Annäherung des geriebenen Flanells Anziehung bewirkt.

Hieraus ergibt sich Ihr Schluss: Die im Flanell erregte Elektricität ist positiv, jene in der Seide negativ.

Nun wurde jedoch beim Reiben der negativ elektrisch gewordenen Guttapercharöhre Flanell und beim Reiben der positiv elektrisch gewordenen Glasröhre Seide angewendet; wodurch bewiesen ist, dass durch das Reiben die Reibzeuge nicht nur im Allgemeinen elek.

trisch werden, sondern die entgegengesetzte Elektricität derjenigen annehmen, die in den Objecten erweckt wurde, welche mit jenen Reibzeugen gerieben wurden.

Alle Erfahrungen, die Sie noch weiters auf diesem Gebiete zu machen Gelegenheit finden werden, gehen dahin, zu zeigen, dass die beiden entgegengesetzten Elektricitätsarten stets Hand in Hand miteinander gehen. Sie können keine derselben erregen, ohne dass dadurch auch die andere gleichzeitig erregt wird, wobei noch der Umstand vorwaltet, dass die im Reibzeuge entwickelte Elektricitätsmenge jener im geriebenen Körper erwecken, wenngleich in Qualität entgegengesetzten, stets gleich ist. Schreiten Sie nun behufs Prüfung dieses Principes zu einem weiteren Versuche. In Cap. V wurde erwähnt, dass in einem Kamme aus Ebonit Elektricität erregt wird, wenn man mit demselben durch die trockenen Haare fährt. Es wird Ihnen nun leicht sein, zu ermitteln, dass die im Kamme erregte Elektricität negativer Natur sei. Im gegenwärtigen Falle sind die Haare das Reibzeug und in Folge des soeben erwähnten Principes muss eine gleiche Menge positiver Elektricität in den Haaren wach gerufen worden sein. So lange Sie unisolirt auf dem Boden stehen, fließt letztere durch Ihren Körper zur Erde ab.

Stellen Sie sich nun auf einen Isolirschemel^{*)} (z. B. auf ein, auf vier erwärmte Trinkgläser gelegtes

^{*)} Um die Trinkgläser gegen den Einfluss der atmosphärischen Feuchtigkeit zu schützen, pflegt man dieselben mit einer Auflösung von Schellack in Weingeist zu überpinseln. Die Eigenschaft des Glases, die Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft an sich zu ziehen, wurde bereits in Cap. V besprochen.

Brett), während ich, auf den Boden stehend, den Kamm zehn-, zwanzig-, dreissigmal durch Ihre Haare ziehe. Nähern Sie hierauf Ihren Fingerknöchel der Latte, es wird sich keine Anziehung kund geben.

Bei diesem Vorgehen wurde sowohl im Haare, wie im Kamm das Maximum elektrischer Erregung erreicht, über welches hinaus kein weiterer Zuwachs von Elektricität stattzufinden vermag. Der Umstand nun, dass der Kamm, wie Sie aus Cap. V wissen, die Latte anzuziehen im Stande ist, während Ihr, mit der gleichen — wenn auch entgegengesetzten — Elektricitätsmenge geladener Körper dies nicht vermag, findet seine Erklärung darin, dass die ganze Elektricität des Kammes, indem sich dieselbe auf einen so kleinen Raum, wie ihn ein Kamm bietet, zu beschränken genöthigt ist, sich daselbst in condensirtem Zustande befindet, während die gleiche Elektricitätsmenge, indem sie sich über Ihren ganzen Körper vertheilt, dadurch so verdünnt wird, dass ihr die Kraft fehlt die Latte anzuziehen.

Nun fragt es sich: Gibt es kein Mittel, die Elektricität Ihres Körpers zu verstärken? Versuchen wir ein solches. Ich ziehe den Kamm durch Ihre Haare, wodurch derselbe elektrisch wird. Ich entlade ihn dadurch, dass ich meine Hand auf denselben lege. Ich ziehe ihn abermals durch Ihre Haare und entlade ihn wieder, und dies setze ich zwanzig- bis dreissigmal fort, stets bedacht, den Kamm jedesmal zu entladen. Versuchen Sie nun, Ihren Knöchel der Latte zu nähern; er wird dieselbe mit Lebhaftigkeit an sich heranziehen.

Jedesmal nahm der Kamm wenn er entfernt ward, eine gewisse Elektricitätsmenge mit sich und liess ein

gleiches Quantum entgegengesetzter Elektricität in Ihrem Körper zurück. Während nun bei der einmaligen Operation letzteres dadurch, dass es sich über Ihren ganzen Körper verbreitete, zu schwach wurde, um eine sichtliche Wirkung hervorzurufen, wurde durch zehn- bis zwanzigmalige Wiederholung derselben jenes Quantum verzehn- und verzwanzigfacht, so dass sich die Wirkung nicht nur zu einer wahrnehmbaren, sondern sogar zu einer heftigen gestaltete. Auf die genannte Weise vermag der isolirte menschliche Körper hochgradig elektrisch zu werden.

Im Beginne dieser Vorlesung erwähnte ich oberflächlich den Umstand, dass geriebener Flanell geriebenes Glas, und geriebene Seide, geriebene Guttapercha zurückstösst. Es ist äusserst leicht, sich von ersterem zu überzeugen, aber es gelingt nicht immer so sicher die Abstossung der Guttapercha durch die Seide zu bewerkstelligen. Mir selbst ist dies häufig misslungen. Aus diesem Grunde will ich Sie mit einer diesbezüglichen, unfehlbaren Methode vertraut machen.

Stellen Sie sich auf den Isolirschemel, reiben Sie Ihre Glasröhre lebhaft mit der amalgamirten Seide und reichen Sie mir sodann die Röhre. Ich ziehe dieselbe durch meine Hand, wodurch sie entladen wird, und gebe sie Ihnen wieder zurück. Sie wiederholen das Reiben und ich das abermalige Entladen. Das jedesmalige Reiben erregt eine gewisse Menge positiver Elektricität in der Glasröhre, welche, während sie zugleich mit der Röhre aus dem Wege geschafft wird, ein gleiches Quantum negativer Elektricität im Reibzeuge zurücklässt. Folgt nun eine solche Entladung mit negativer Elektricität

auf die andere, so wird das Reibzeug hochgradig elektrisch, so dass dasselbe selbst in dem Falle, dass die Isolirung durch das Amalgam einigermaßen beeinträchtigt würde, ein hinreichendes Quantum Elektrizität Ihrem Körper mitzutheilen im Stande ist um auf eine geriebene Gutta-percharöhre, wenn Sie derselben Ihre Hand nähern, eine heftige Abstossung auszuüben. Der Grund dieser Erscheinung ist derselbe, den wir beim Versuche mit dem Kamme kennen lernten.

XII.

Was ist Elektrizität?

Bisher sind wir von einer Thatsache zur anderen geschritten und haben hierbei werthvolles Material gesammelt. Die Kenntniss von Thatsachen allein ist jedoch nicht im Stande uns zu befriedigen; wir grübeln den Ursachen nach, die sich hinter denselben verbergen und nur dem geistigen Auge sich kundgeben. Wenn wir bisher immer nur von den Hinundherbewegungen der Elektrizität und von den Hindernissen solcher Bewegungen sprachen, so muss sich endlich jedem denkenden Zuhörer die Frage aufdrängen: Ja, was ist denn nun das, was sich hin und her bewegt? Was ist denn Elektrizität? — Boyle und Newton legten ihr eigenes Bedürfniss nach Beantwortung dieser Frage dadurch an den Tag, dass der Eine auf die Idee der klebrigen, aus dem elektrisirten Körper austretenden und in denselben zurück-

kehrenden Fäden verfiel, während der Andere sich die Elektrizität als ein elektrisches Fluidum vorstellte, das im Stande ist, in geriebenes Glas einzudringen.

Wenn ich den Ausdruck »sich vorstellen« gebrauche, so bin ich weit entfernt, die Ansichten solcher grosser Männer als eitle Phantasiebilder hinzustellen. Ohne Vorstellungsgabe kann in der Physik nichts geleistet werden. Unter diesem Ausdrücke verstehe ich die Gabe, sich im Geiste ein Bild von Dingen zu machen, welche, wenn gleich sie in der uns umgebenden Welt vorhanden sind, durch unsere Sinnesorgane nicht direct wahrgenommen zu werden vermögen. Ich verstehe unter derselben den rein wissenschaftlichen Ideengang, ohne welchen kein einziger Schritt auf dem Gebiete der Ursachen und Principien möglich ist.

Solcher wissenschaftlicher Ideengang führte Franklin zur Annahme einer einzigen Art elektrischen Fluidums, mittelst welcher er die elektrischen Erscheinungen zu erklären suchte. Diesem Fluidum legte er die Eigenschaft gegenseitiger Abstossung seiner Bestandtheile bei und dachte sich dasselbe in bestimmten Mengen gleichmässig über alle Körper verbreitet. Wurde einem Körper ein grösseres Quantum Elektrizität, als das ihm in neutralem Zustande innewohnende, mitgetheilt, so bezeichnete er denselben als »positiv elektrisch« während er unter dem Ausdrücke »negativ elektrisch« einen Mangel an Elektrizität verstand. Dieselbe Vorstellungsbefähigung leitete Symmer auf die Theorie der Annahme zweier Elektrizitätsarten, von denen die gleichartigen eine abstossende, die ungleichartigen eine anziehende Wirkung aufeinander ausüben.

Auf den ersten Blick scheint Franklin's Theorie bei Weitem die einfachere der beiden zu sein; aber die Einfachheit ist nur scheinbar. Denn obgleich er nur eine einzige Elektrizität als vorhanden annahm, sah er sich gezwungen, derselben drei verschiedene Wirkungsweisen beizulegen. Zuvörderst stellte er den Satz auf, dass die Theilchen des Fluidums aufeinander abstossend wirken. Zweitens musste er zugeben, dass zwischen den Theilchen des elektrischen Fluidums und den Theilchen der wägbaren Körper gegenseitige Anziehung vorwalte; endlich nöthigte ihn die streng logische Verfolgung dieser beiden Annahmen zum Schlusse, dass auch die Molecüle der materiellen Körper abstossend aufeinander einwirken. Aus Diesem sieht man, dass seine Theorie keineswegs so einfach sei, als sie ursprünglich zu sein scheint.

Symmer's Theorie hingegen, die den Anschein grösserer Complicirtheit an sich trägt, ist in der Wirklichkeit bei Weitem die einfachere. Seiner Ansicht nach existiren zwei von einander verschiedene elektrische Fluida, von denen die gleichartigen sich gegenseitig abstossen, die ungleichartigen sich gegenseitig anziehen. Diese Fluida heften sich an die Molecüle der materiellen Gegenstände und ziehen letztere mit sich fort. Jeder Körper besitzt in seinem natürlichen oder neutralen Zustande eine gleiche Menge beider Elektrizitätsarten. So lange diese letzteren sich gleichmässig mit einander vermengt finden, neutralisiren sie sich gegenseitig; und vom materiellen Körper, in welchem sich dieselben im genannten Zustande befinden, sagt man, er befinde sich im natürlichen, unelektrisirten oder neutralen Zustande.

Durch Reibung (sowie auch durch andere Prozeduren) werden diese beiden Fluida von einander getrennt, wobei sich das eine an das Reibzeug, das andere an den geriebenen Körper anlegt.

Nach dieser Theorie müsste nun stets Anziehung zwischen dem Reibzeuge und dem geriebenen Körper stattfinden, indem ungleichartige Elektricitäten in den beiden vorwalten; und dies ist auch in der That der Fall. Und nun kommt noch ein Umstand hierbei zu erwähnen. Wenn wir Glas mit Seide, oder Siegelwachs mit Flanell reiben, so haben wir dabei nicht nur den aus der alleinigen Reibung hervorgehenden Widerstand, sondern auch jenen, welchen die elektrische Anziehung des Reibzeuges an den geriebenen Körper der reibenden Kraft entgegensetzt, zu überwinden.

Sie sind vielleicht zu jung, um die ganze Tragweite des Gegenstandes aufzufassen, und eine eingehende Erörterung desselben dürfte für die Gegenwart zu weit führen. Eines will ich Ihnen jedoch bereits schon jetzt mittheilen, was in späterer Zeit Ihrem Nachdenken zu unterziehen sein wird. Die zur Ueberwindung des aus der blossen Reibung entstehenden Widerstandes benötigte Kraft erzeugt Wärme, welche jedoch in den sich aneinander reibenden Gegenständen zurückbleibt; während jener Theil der Kraft, der zur Ueberwindung der gegenseitigen elektrischen Anziehung zwischen den reibenden Gegenständen verwendet wird, sich in Wärme umgestaltet, die sich in Distanzen von tausend Meilen kundzugeben vermag.

Theoretische Vorstellungen unterliegen beim Fortschritte der Wissenschaft fortwährender Controle und

Berichtigung; und daher kommt es, dass auch die Richtigkeit dieser dualistischen Auffassung der Elektrizität bereits von vielen hervorragenden Gelehrten angezweifelt wird. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird die Theorie der Elektrizität, um allen Fragen vollständig zu entsprechen, einst eine Form anzunehmen gezwungen sein, in welcher sich der innige Verband derselben mit Wärme und Licht klar herausstellt. Wenn wir nun auch die bestehende Theorie nicht für unumstösslich halten, so wird sie uns dennoch behufs Erklärung und Verbindung elektrischer Phänomene treffliche Dienste zu leisten im Stande sein.

XIII.

Elektrische Induction. Definition des Ausdrucks.

Gehen wir nun daran, die Theorie der elektrischen Fluida auf die wichtigen Inductionerscheinungen anzuwenden.

Schon in früheren Zeiten wurde die Beobachtung gemacht, dass Contact, d. i. gegenseitige Berührung, der Gegenstände zur Hervorrufung elektrischer Erregung nicht unumgänglich nothwendig sei. Wie bereits in Cap. II erwähnt wurde, fand schon Otto von Guericke, dass ein Gegenstand durch blosse Annäherung an seine Schwefelkugel elektrisch wurde. Stephan Gray vermochte dadurch, dass er eine erregte Glasröhre dem einen Ende eines Leiters blos näherte, mittelst des anderen Endes des-

selben leichte Gegenstände anzuziehen. Durch den menschlichen Körper gelang es ihm gleichfalls Anziehung zu bewirken. Du Fay erhielt sogar zu seinem nicht geringen Erstaunen aus dem menschlichen Körper einen Funken. Im Jahre 1753 hing Canton zwei Hollundermarkkugeln nebeneinander an Fäden auf und fand, dass eine geriebene Glasröhre bereits in ziemlicher Entfernung das Auseinanderweichen derselben bewirkte. Zog er die Glasröhre zurück, so schlossen sich die Kugeln wieder aneinander, was ihm als Beweis erschien, dass dieselben keine bleibende elektrische Ladung erhalten hatten. Derartige Erscheinungen wurden später durch Wilke, Aepinus, Coulomb und Poisson noch eingehender studirt und durch neue vermehrt.

Allen diesen Phänomenen liegt das Gesetz zu Grunde, dass, wenn ein erregter Körper einem Leiter genähert wird, dies eine Zerlegung des im letzteren vorhandenen neutralen Fluidums hervorruft; der eine der beiden integrierenden Bestandtheile desselben wird angezogen, der andere abgestossen. Sobald nun der erregte Körper entfernt wird, fliessen die beiden Fluida wieder in eines zusammen und der Leiter wird abermals unelektrisch oder neutral.

Diese, durch blosse Näherung eines elektrisch erregten Körpers bewirkte Zerlegung des neutralen Fluidums nennt man Induction. Ein anderer Name dafür ist Erregung durch Influenz.

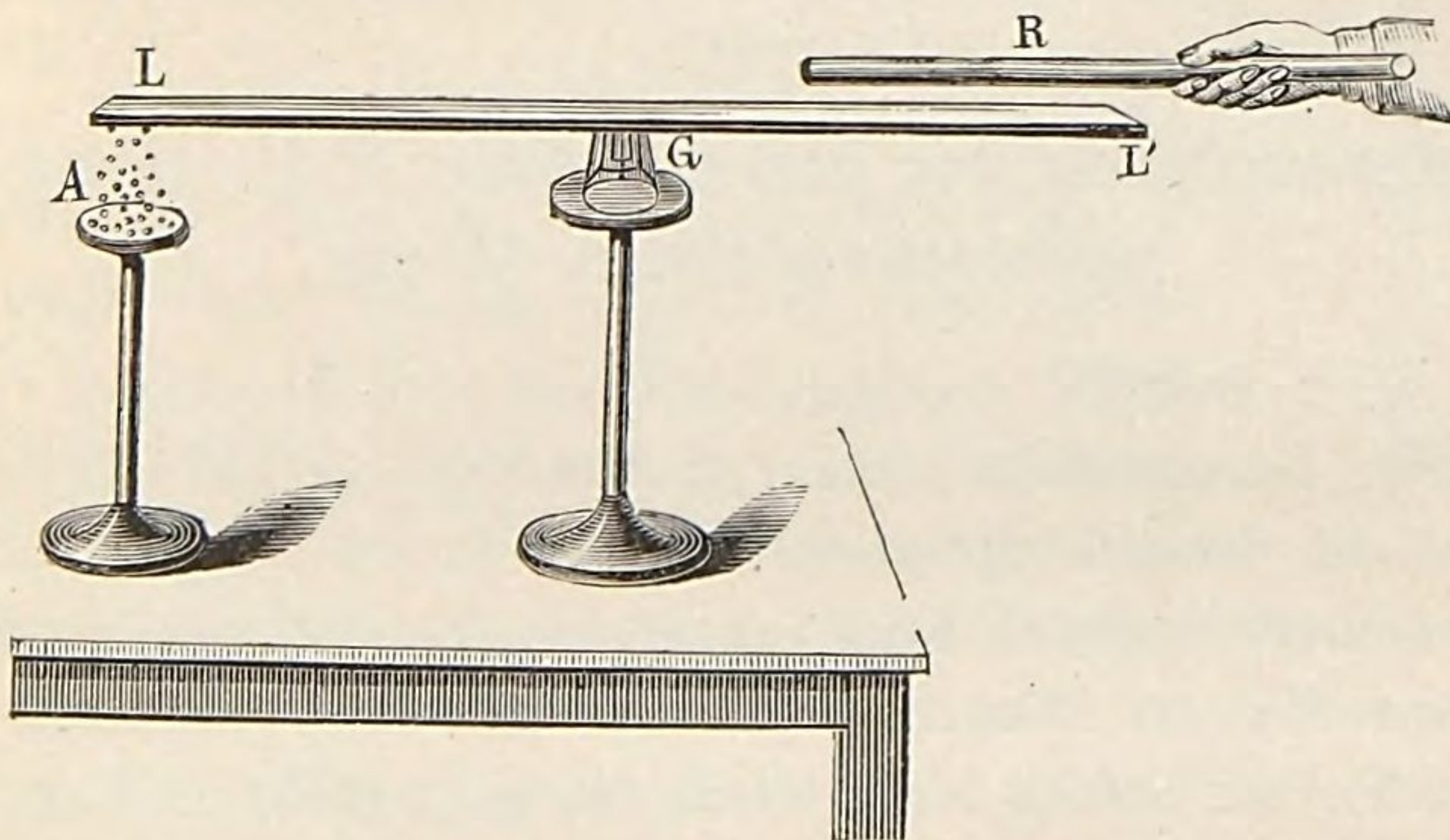
Berührt man während der Fortdauer der Einwirkung des influenzirenden Körpers den influenzirten Leiter, so entweicht von letzterem die frei gewordene Elektrizität, welche stets von derselben Art wie die im influen-

zirenden Körper vorhandene ist, während die entgegengesetzte im Leiter gebunden zurückbleibt.

Entfernt man hierauf den influenzirenden Körper, so wird dadurch die an den Leiter gebundene frei, und derselbe bleibt mit Elektrizität geladen, deren Art derjenigen entgegengesetzt ist, welche im influenzirenden Körper sich kundgibt.

Um dies anschaulich zu machen, können Sie nichts Besseres thun, als Gray's Experiment zu wiederholen.

Fig. 14.



Legen Sie eine dünne Latte $L L'$, Fig. 14, auf ein erwärmtes Trinkglas G , und bringen Sie einige Papier- oder Schlaggoldschnitzel unterhalb das eine Ende derselben, L , etwa 4 bis 5 Zoll von demselben entfernt. Reiben Sie hierauf Ihre Glasröhre R lebhaft und halten Sie dieselbe über das andere Ende der Latte, ohne dass jedoch die Röhre die Latte berührt. Die Latte wird, selbst wenn ihre Länge 6 bis 8 Fuss betragen sollte, die Schnitzel sofort an sich ziehen. Dieser Versuch ist

äusserst leicht zu bewerkstelligen, und Sie sollten ihn mehreremale wiederholen, bis er vollständig und mit gehöriger Präcision gelingt.

Hier muss ich abermals wiederholen, dass Sie der Natur des Trinkglases, welches die Isolirung der Latte zu bewerkstelligen hat, die nöthige Aufmerksamkeit zuwenden müssen, denn manche Trinkgläser sind aus einer Glassorte angefertigt, die sich zur Isolirung nicht eignet.

XIV.

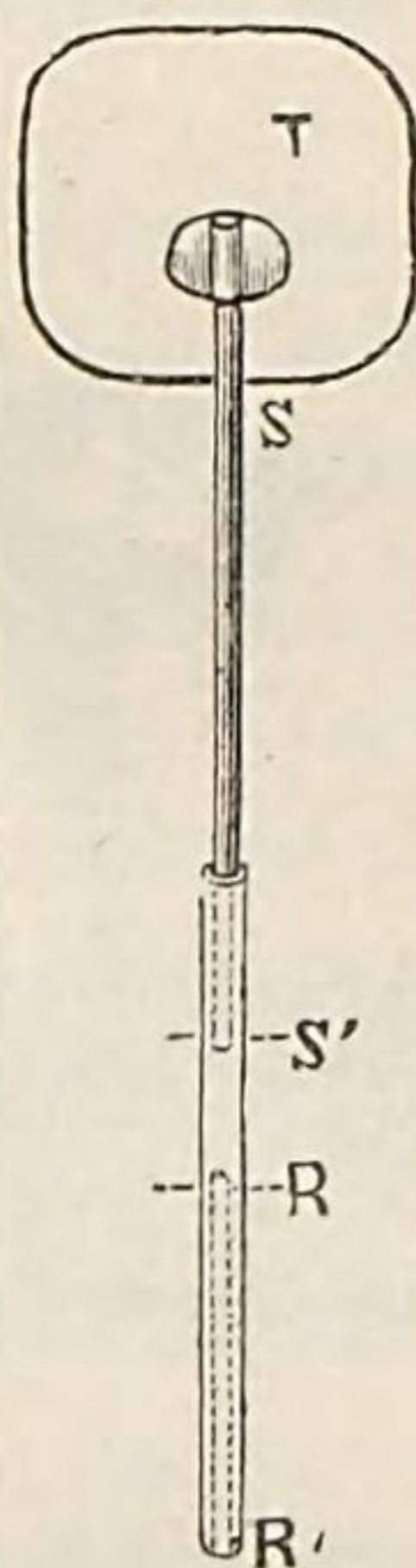
Untersuchung der elektrischen Induction auf experimentellem Wege.

Wir müssen das ganze Gebiet der Induction vollständig beherrschen lernen, da alle weiteren Forschungen sich auf dieselbe gründen. Sie spielt die Hauptrolle in allen nachfolgenden Erklärungen von Erscheinungen; und haben Sie ihr Wesen einmal vollständig begriffen, so sind Sie im Stande sich Erscheinungen nicht nur zu erklären, sondern auch solche vorauszusagen. Wollen wir uns daher über diesen Gegenstand zu belehren suchen, und zwar mit dem festen Entschlusse, denselben gründlich zu erschöpfen.

Zu diesem Zwecke haben wir vor Allem unsere Hilfsmittel um ein neues zu vermehren. Wir benöthigen ein Werkzeug, mittelst dessen wir bei irgend welcher vorhandenen Elektricität einen Theil derselben als Probe zu entnehmen und denselben behufs Prüfung auf seine Art auf einen anderen Platz zu übertragen vermögen.

Der kleine in Fig. 15 dargestellte »Ueberträger« leistet hierzu gute Dienste. T ist ein Stanniolplättchen von 2 bis 3 Zoll im Quadrat. An dasselbe ist ein Stroh-
halm mittelst Siegelwachs geklebt, dessen unteres Ende in einer Siegelwachs-
stange steckt. Besserer Isolirung halber soll dieser Strohhalm nicht so tief in die Siegelwachs-
stange eingelassen sein, dass er bis in den mit RR' bezeichneten Theil derselben reicht, welcher mit der Hand angefasst wird. Man berührt den erregten Körper mit dem Plättchen T und überträgt die genommene Elektrizitätsprobe auf das Elektroskop. Wenn Sie eine geriebene Glasröhre mit dem Plättchen T berühren und dieses Plättchen dem Elektroskope nähern, so ist es positive Elektrizität, die die Goldblättchen des letzteren auseinanderfahren macht. Berühren Sie hingegen eine geriebene Guttapercharöhre oder Siegelwachsstange mit dem Plättchen T und nähern Sie letzteres dem Elektroskope, so ist es negative Elektrizität, welche die Goldblättchen auseinandertrëibt.

Fig. 15.

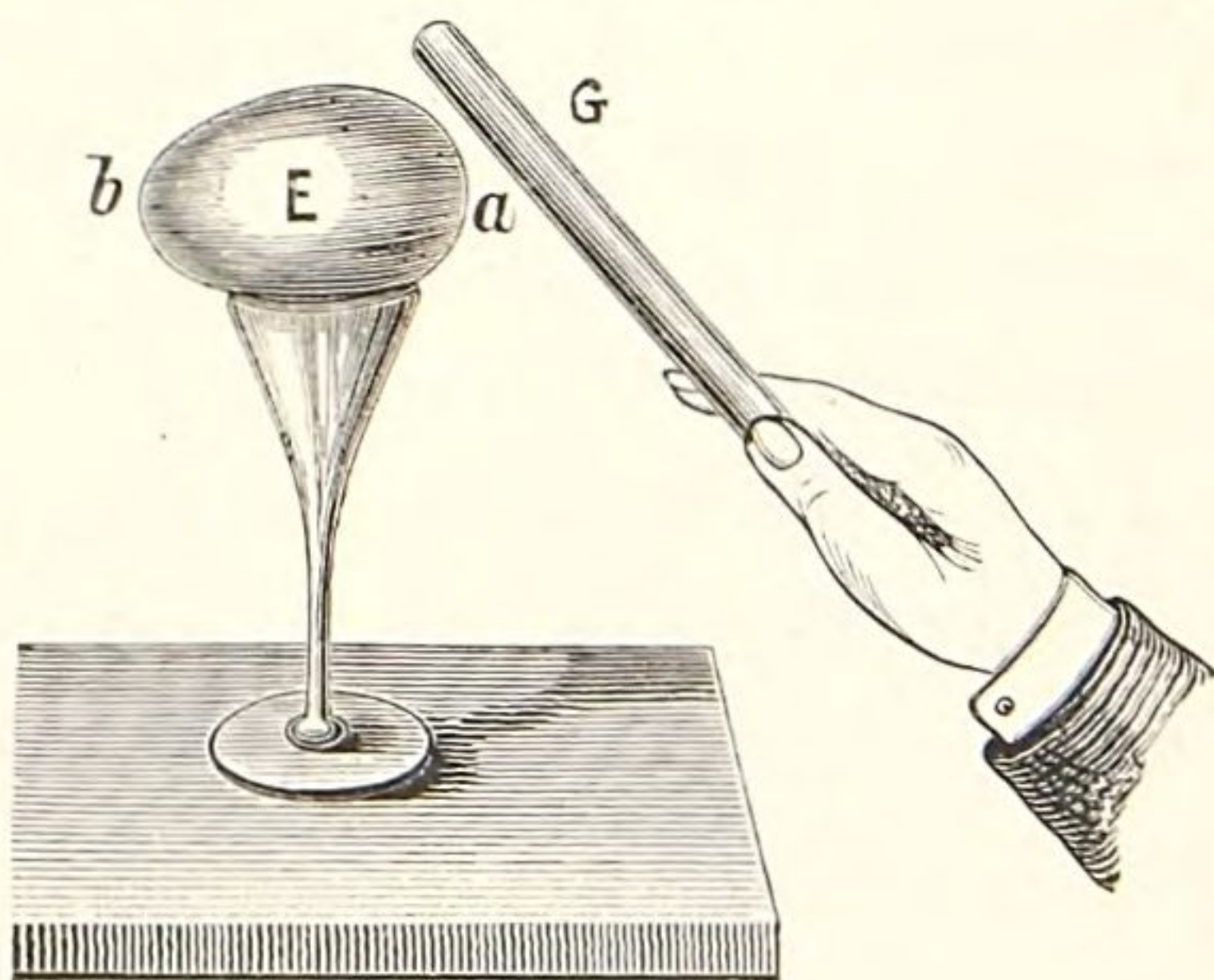


Befinden sich die Goldblättchen in Folge vorhergegangener elektrischer Ladung bereits in divergenter Stellung, und bringen Sie hierauf eine von einem Körper, dessen elektrische Natur Sie kennen lernen wollen, genommene Probe an das Elektroskop, so ist, falls durch Näherung der Probe die Divergenz vergrößert wird, die Elektrizität des neuen Körpers positiv, wenn die ursprüngliche Divergenz durch Ladung mit Glaselektrizität, und negativ, wenn dieselbe durch Ladung des Elektroskopes

mit Harzelektricität hervorgerufen worden war. Wir können nun einen Schritt weiterthun.

Legen Sie ein Ei E horizontal auf ein Stengelglas und nähern Sie dem einen Ende desselben Ihre erregte

Fig. 16.



Glasröhre G auf Zoll-distanz. Was geht da im Ei vor? Dessen Elek-tricität wird zerlegt; das negative Fluidum sammelt sich an dem der Glasröhre zugewen-detten Ende a , das posi-tive strömt nach dem entgegengesetzten Ende b . Ziehen Sie nun die Glasröhre zurück, so

vereinigen sich die beiden Elektricitäten wieder. Prüfen Sie deren Neutralität. Weder mittelst des Ueberträgers noch mittelst des Eies selbst vermögen Sie im Elektroskope das geringste Zeichen elektrischer Wirkung hervorzurufen, oder eine Anziehung auf die Latte auszuüben.

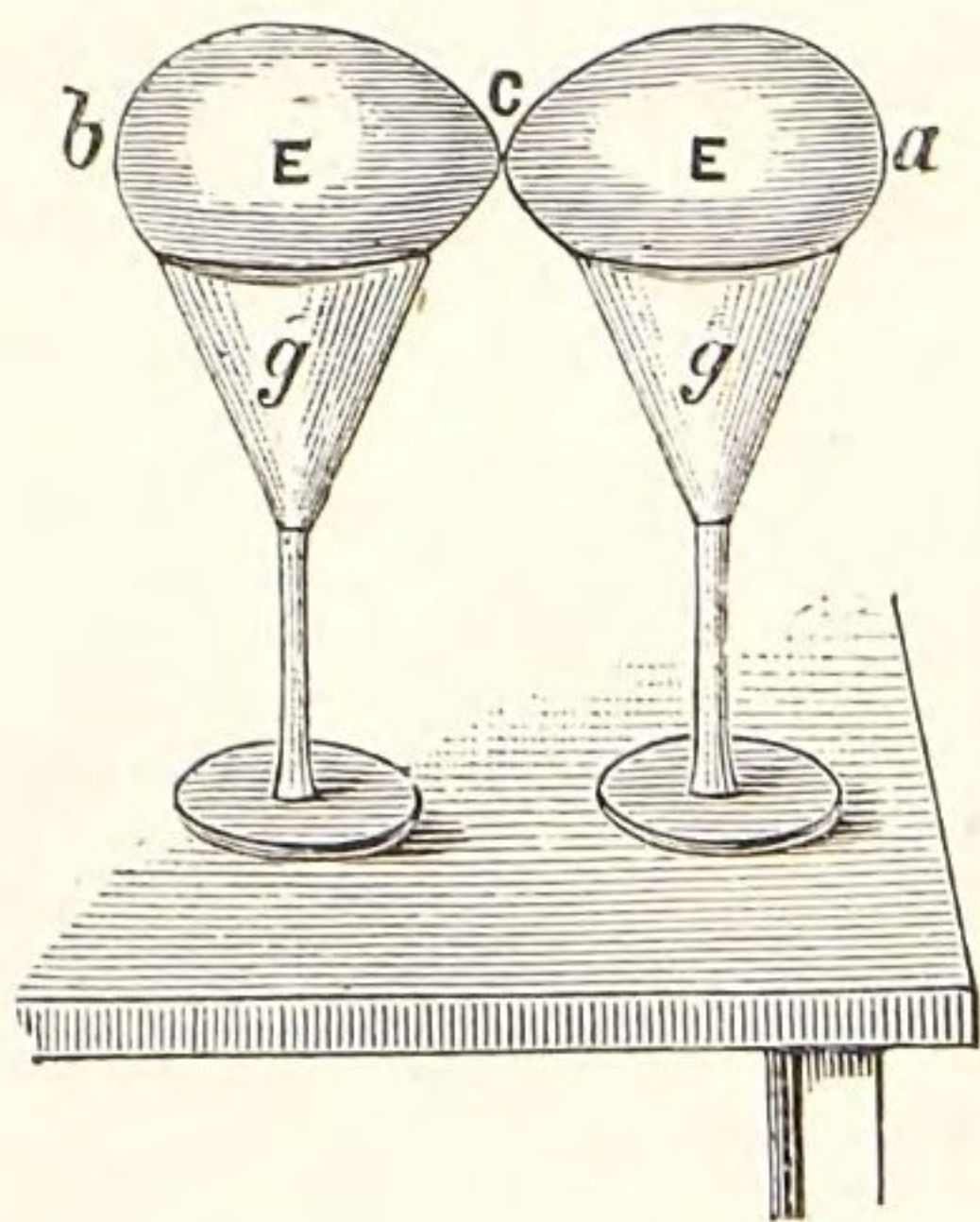
Nähern Sie ihre geriebene Röhre dem Ei ein zweites Mal und berühren Sie nun das Ende b desselben mit dem Ueberträger. Letzterer wird jetzt sowohl den Stroh-halm (Fig. 2) als die schwebende Latte (Fig. 4) anziehen und ebenso die Goldblättchen Ihres Elektroskopes aus-einandertreiben. Welcher Art war nun die Elektricität, die diese Wirkungen hervorrief? Sie stösst Glas ab und wird ihrerseits von demselben abgestossen; die Elek-tricität bei b war somit positiver Art. Entladen Sie hierauf den Ueberträger durch Berührung mit dem Finger und

berühren Sie mit ersterem das der Glasröhre zugewendete Ende *a* des Eies. Die Elektricität, die Sie nun erhalten, wird eine Guttapercharöhre abstossen und von derselben abgestossen werden; sie ist somit negativ. Prüfen Sie ihre Art gleichfalls mittelst des Elektroskopes.

Berühren Sie nun, während die influenzirende Glasröhre dem Ei nahe gehalten bleibt, das Ende *b* des letzteren mit dem Finger und versuchen Sie hierauf Ihren Ueberträger durch Berührung des gleichen Endes *b* mit Elektricität zu laden. Sie werden nun gar keine Ladung erhalten; die früher daselbst vorhanden gewesene positive Elektricität ist verschwunden. Ist ein Gleiches auch bezüglich der negativen der Fall? Keineswegs. Entfernen Sie die Glasröhre und berühren Sie das Ende *b* abermals mit dem Ueberträger. Er wird sich diesmal als geladen kundgeben, jedoch nicht mit positiver, sondern mit negativer Elektricität. Es ist nothwendig, diesen Vorgang gründlich zu verstehen. Die ursprünglich im neutralen Zustande im Ei vorhandene Elektricität wurde durch Näherung der Glasröhre in positive und negative zerlegt; letztere wurde von derselben angezogen, erstere abgestossen. Die abgestossene konnte nun frei entweichen, und dies geschah durch Berührung des Endes *b* mit dem Finger. Die angezogene blieb jedoch an Ort und Stelle gebunden, so lange die Glasstange ihre Influenz auf das Ei auszuüben fortfuhr. Entfernt man nun die Glasstange, so verbreitet sich die gebunden gewesene negative Elektricität über das ganze Ei. Ein Apfel, eine Steckrübe und dergleichen dürften bei diesem Versuche den gleichen, vielleicht selbst noch besseren Dienst als ein Ei leisten.

Entladen Sie nun das Ei durch Berührung desselben mit dem Finger; erregen Sie hierauf die Glasröhre und bringen Sie dieselbe dem Ei nahe. Berühren Sie sodann letzteres abermals mit dem Finger oder mit einem Drahte, jedoch am Ende *a*. Glauben Sie nun, dass die hierdurch abfließende Elektrizität die negative Elektrizität sei, die sich am Ende *a* des Eies angesammelt hatte? Durchaus nicht. Es ist die positive, welche sich am Ende *b* angesammelt hatte, und nun von dort aus, die am Ende *a* befindliche negative durchdringend, zur Erde abfließt. Dass dem so sei, vermögen Sie dadurch zu erkennen,

Fig. 17.



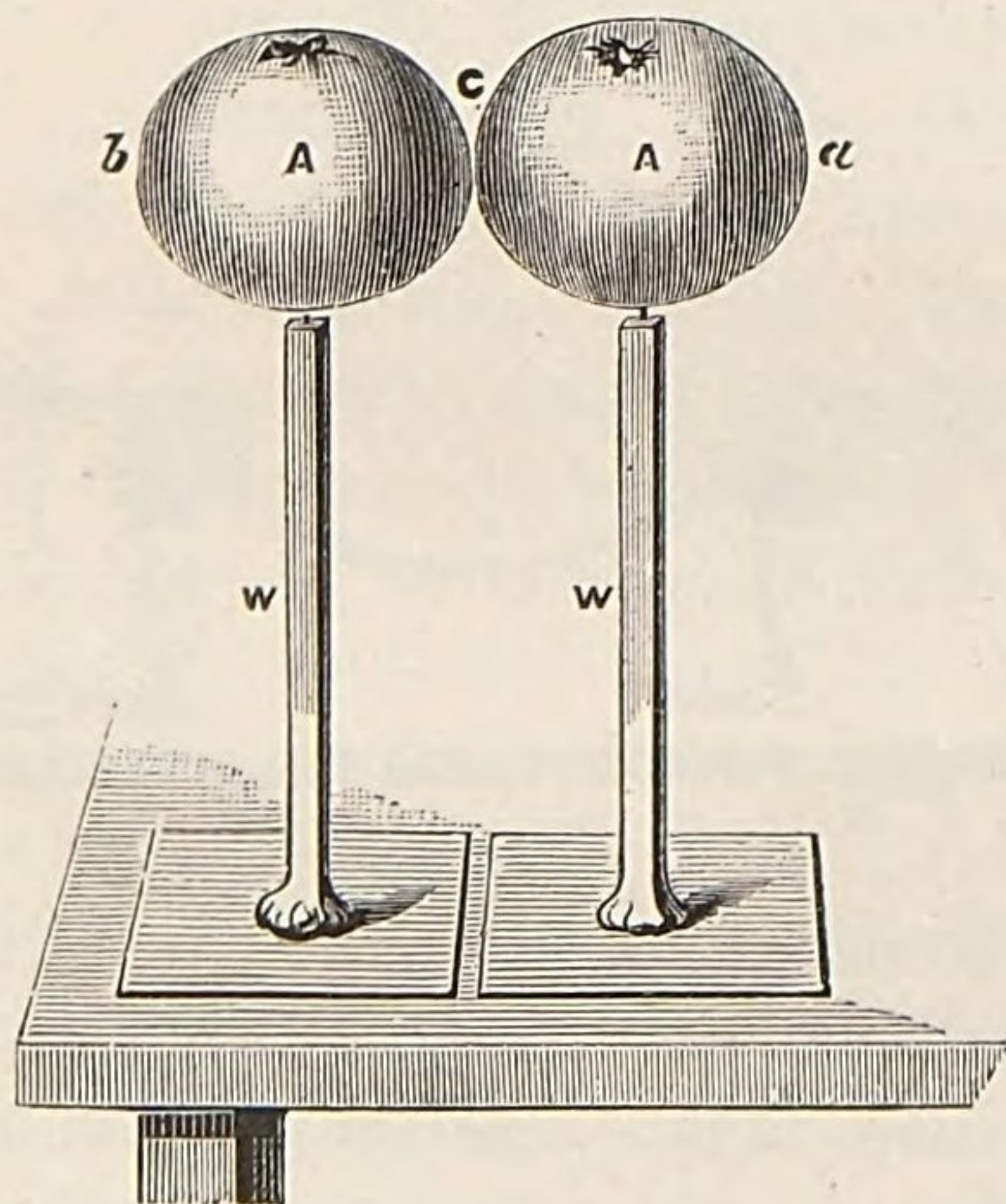
dass Sie zuvörderst Ihren Draht oder Finger und hierauf die Glasröhre vom Ei entfernen. Sie werden letzteres dann mit negativer Elektrizität geladen finden.

Ein weiterer Versuch: Legen Sie zwei Eier *E E* flach auf zwei Stengelgläser *g g*, so dass sie sich mit ihren Enden bei *c* berühren. Nähern Sie Ihre geriebene Glasröhre dem Ende *a* des einen Eies, und während Sie dieselbe in der genäherten Stellung erhalten, ziehen Sie das andere Ei von dem ersteren weg. Entfernen Sie hierauf die Röhre und prüfen Sie die beiden Eier. Das Ei *a*, welchem die Glasröhre genähert worden war, stößt geriebenes Siegelwachs ab und ist daher negativ geladen; das entferntere, *b*, stößt geriebenes Glas ab und ist somit positiv geladen. Bringen Sie die beiden Eier nacheinander ans Elektroskop, so neutralisiren sich ihre

Wirkungen auf dasselbe vollständig. Stossen Sie neuerdings die beiden Eier aneinander und nähern Sie die geriebene Glasröhre dem einen derselben, z. B. dem Ei *a*. Berühren Sie *a* mit dem Finger und entfernen Sie sodann abermals die Eier von einander. Ziehen Sie hierauf die Glasröhre zurück und prüfen Sie die Eier. Nun werden Sie das Ei *a* negativ und das Ei *b* neutral finden. Die positive Elektrizität des Eies *b* floss durch Ihren Finger ab, obgleich Sie das Ei bei *a* mit demselben berührt hatten.

Aepfel *A A* (Fig. 18) leisten bei diesem Versuche

Fig. 18.

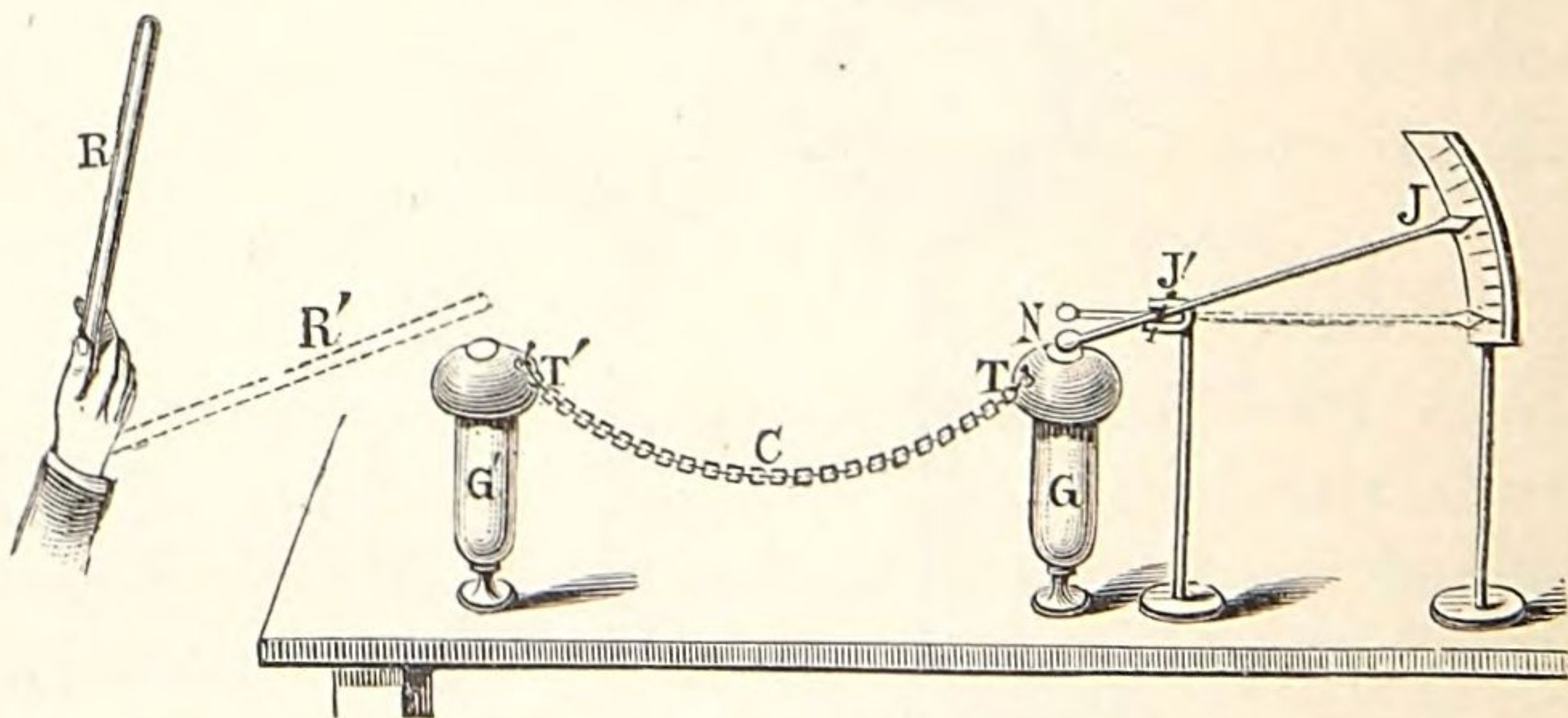


noch bessere Dienste als Eier. Nehmen Sie zwei kurze Drahtstücke und versenken Sie dieselben mit einem ihrer Enden in Siegelwachsstangen *W W* dadurch, dass Sie die Drähte erhitzen und in die Stangen einschmelzen. Kleben Sie die unteren Enden der Stangen an Fuss-

brettchen, so dass sie Ständer bilden, und stecken Sie hierauf die beiden Aepfel an die vorragenden Drahtenden. Die mittelst derartiger, billiger Apparate gemachten Versuche sind um vieles lehrreicher als jene, zu welchen man zwanzigmal kostspieligere anzuwenden pflegt.

Gehen Sie nun mit Ihrem Experimente um einen Schritt weiter, und statt die Eier oder Aepfel so aufzustellen, dass sie sich gegenseitig berühren, stellen Sie dieselben in eine Entfernung von etwa 6 Fuss von einander auf und verbinden Sie sie mit einem leichten Kettchen

Fig. 19.



oder einem Drahte (Fig. 19). Zwei metallene oder auch hölzerne, mit Stanniol überzogene Kugeln dürften bessere Dienste als Eier oder Aepfel leisten, weil sie schwerer sind und daher die Spannung des Kettchens besser ertragen. Stellen Sie dieselben auf hohen Trinkgläser *G G*. Denken wir uns vorderhand den in der Figur ersichtlichen Strohhalm-Index als nicht vorhanden. Reiben Sie Ihre Glasröhre *R*, nähern Sie dieselbe der Kugel *T'* und prüfen Sie dann beide Kugeln. Die Kugel *T'* wird

negative, die Kugel T positive Elektricität kundgeben. Sowie Sie nun, während die Glasröhre der Kugel T' fortwährend genähert erhalten bleibt, die Kugel T' mit dem Finger berühren, strömt die positive Elektricität, welche in Folge der Kettenverbindung in die entferntere Kugel T entflohen war und sich dort gesammelt hatte, auf demselben Wege wieder zurück, dringt durch die gebunden erhaltene negative der Kugel T' und fließt durch Ihren Finger zur Erde ab. Wird nun Finger und Glasröhre entfernt, so vertheilt sich diese negative Elektricität gleichmässig auf beide Kugeln.

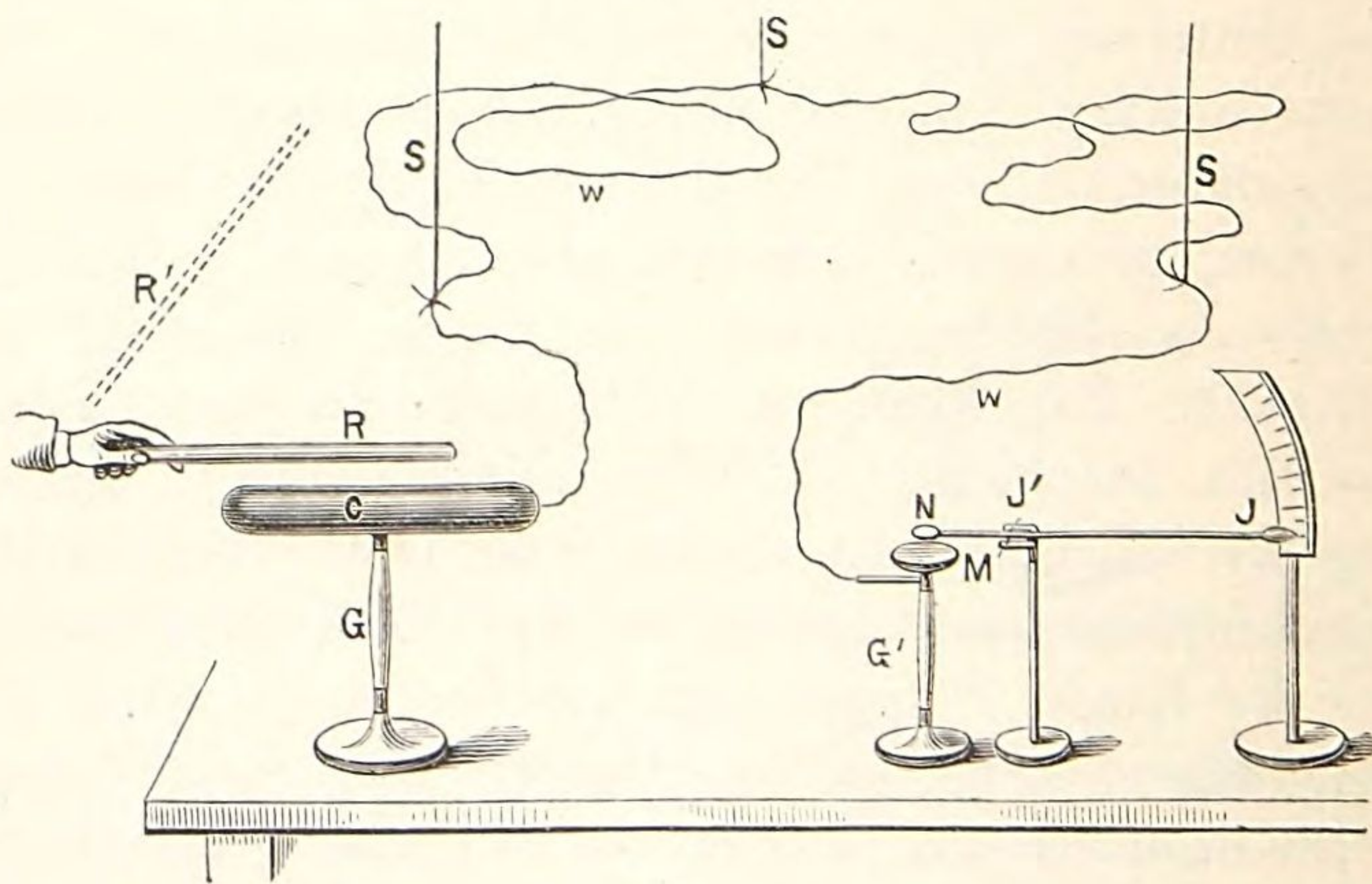
Durch Fig. 8 wurden Sie bereits mit der Action des Plättchens N und des Strohhalm-Indexes JJ' vertraut, welcher Apparat in Fig. 19 im kleineren Massstabe dargestellt ist. Derselbe macht Ihnen sowohl die Wirkung der ersten Induction als auch die, welche die Berührung der Kugel mit dem Finger hervorruft, anschaulich. Das Plättchen N befand sich ursprünglich oberhalb der Kugel T in neutraler Stellung, wie sie punktirt angedeutet ist. Sowie jedoch die erregte Glasröhre der Kugel T' genähert wird, wird das Plättchen von der Kugel T angezogen, und das andere Ende des Strohhalmes steigt an der eingetheilten Scala empor. Wird die Glasröhre entfernt, so fällt der Index JJ' in seine ursprüngliche Lage zurück. Bei Wiederholung dieses Versuches werden Sie die Raschheit bemerken, mit welcher der Index die jedesmalige Zerlegung und Wiedervereinigung der Elektricität anzeigt.

Berühren Sie nun T' mit dem Finger, während die Glasröhre ihre Influenz auszuüben fortfährt und das Plättchen N an der Kugel T noch haftet. Dasselbe wird

sich nun augenblicklich von derselben losreissen, da die in der Kugel *T* gesammelte positive Elektricität durch Ihren Körper zur Erde abzufließen vermag. Entfernen Sie nun die Glasröhre, so verbreitet sich sofort die durch dieselbe gebunden gehaltene negative Elektricität über beide Kugeln, was die abermalige Anziehung des Plättchens *N* zur Folge hat.

Nehmen wir eine kleine Aenderung des Versuches vor, indem wir zur Herstellung der Verbindung statt des Kettchens einen Draht von grösserer Länge, z. B.

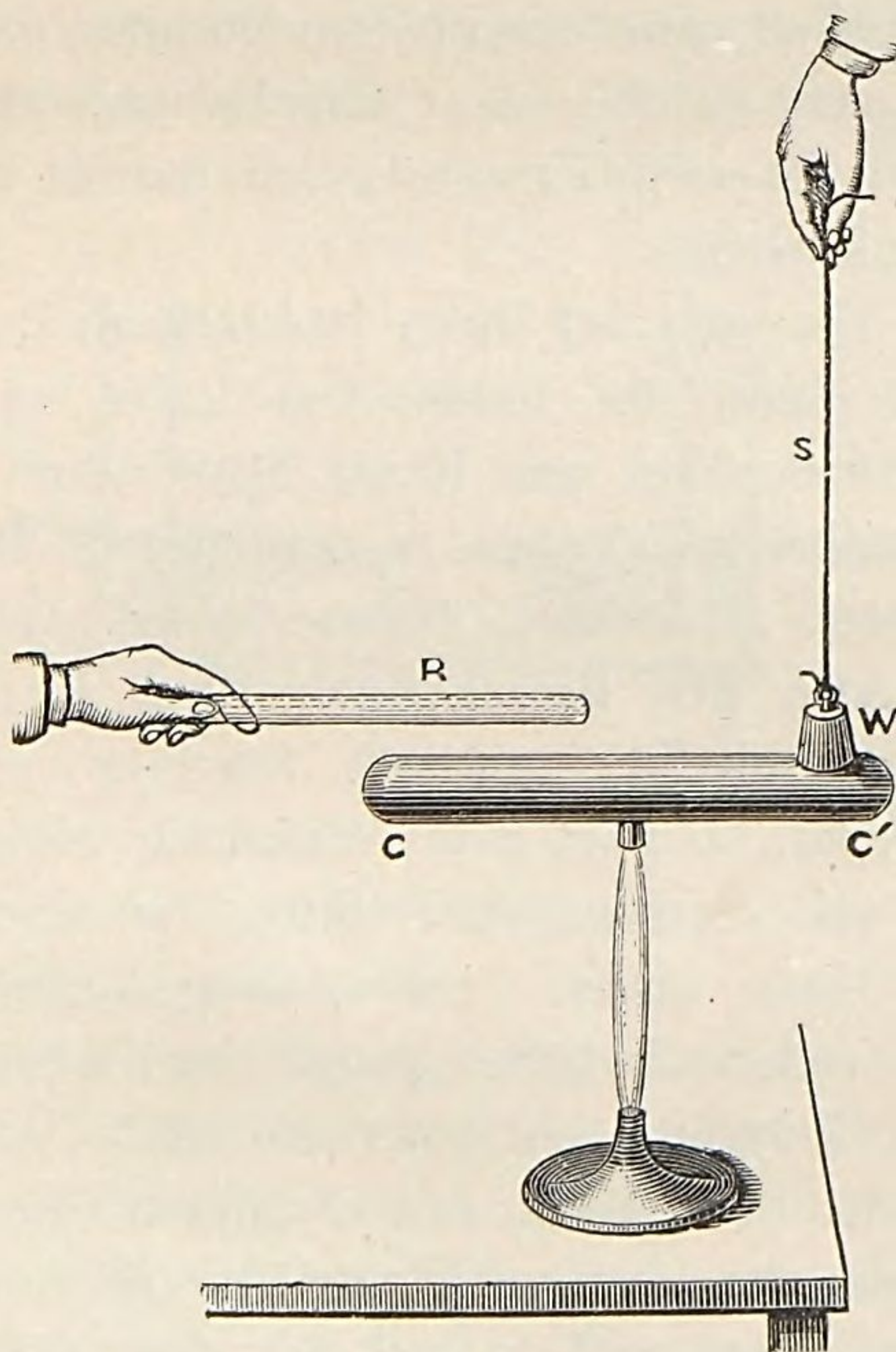
Fig. 20.



von hundert Fuss, anwenden, und isoliren wir den Draht dadurch, dass wir ihn von Stelle zu Stelle an Seidenfäden *S S S* (Fig. 20) aufhängen. Substituiren wir für den Apfel oder die Kugel *T'* einen aus Metall oder mit Stanniol überzogenem Holze angefertigten und auf einer Glasröhre *G* ruhenden Cylinder *C*, und für die andere

Kugel T einen gleichfalls aus einer Glasröhre construirten und am oberen Ende derselben mit einem Metallplättchen M versehenen Ständer. Bei jedesmaliger Näherung und Entfernung der erregten Glasstange R wird das Plättchen N angezogen und abgestossen werden und dessen Bewegung sich auf der Scala J kundgeben.

Fig. 21.



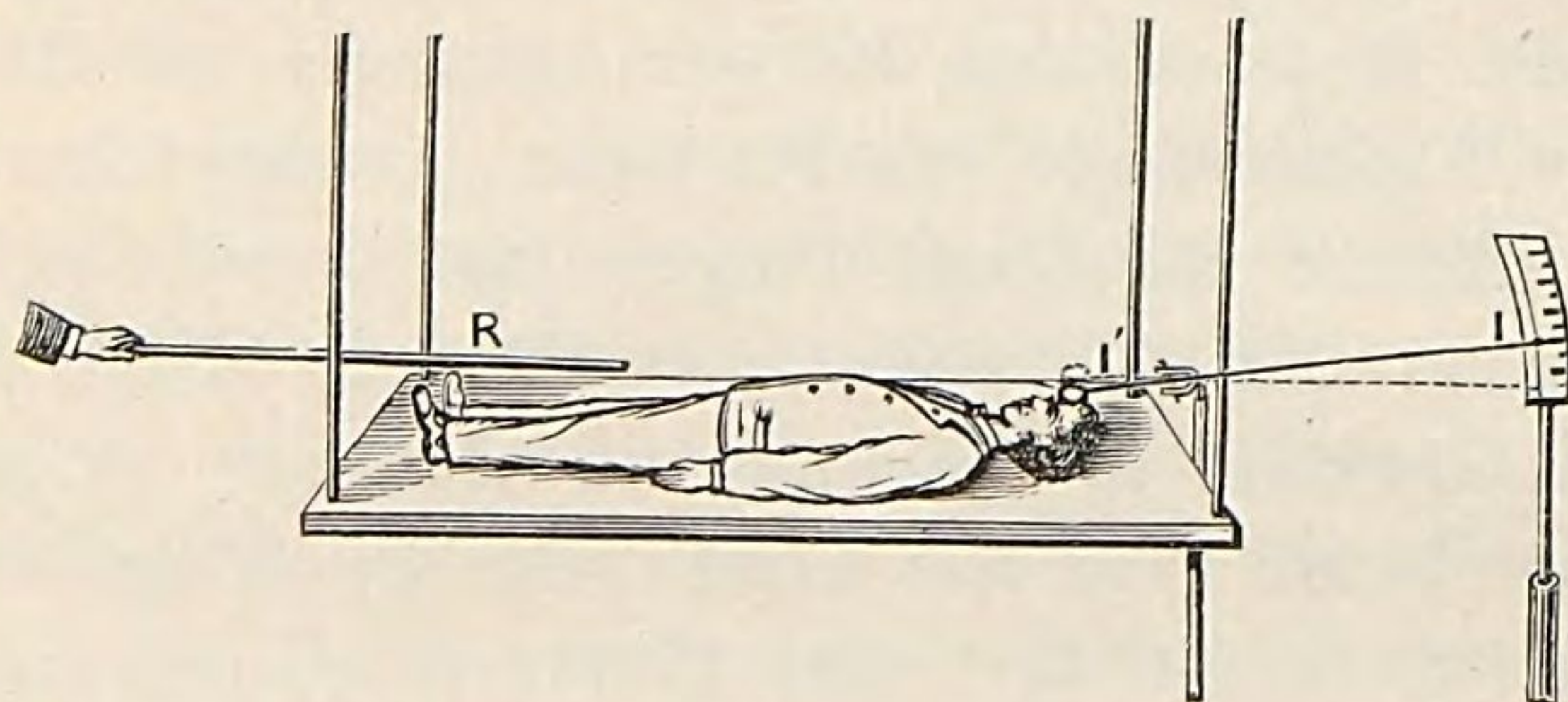
Machen Sie bei dieser Gelegenheit auch den Versuch des grossen Elektrikers Aepinus durch. Nehmen Sie Ihren aus Metall oder aus mit Stanniol überzogenem Holze angefertigten und auf einem gläsernen Fusse ruhenden cylindrischen Conductor zur Hand (Fig. 21),

für welchen im Nothfalle auch eine Gurke, Möhre oder sonstige längliche Rübe substituirt zu werden vermag, und senken Sie hierauf ein an einem Seidenfaden *S* hängendes Gewichtchen *W* auf das eine Ende des Conductors bis zur Berührung desselben herab. Nähern Sie eine erregte Glasröhre dem anderen Ende des Conductors und heben Sie das Gewichtchen hierauf in die Höhe. Sie sind nun bereits im Stande die Wirkung vorherzusagen, welche das abgehobene Gewichtchen äussern wird. Es wird Glas abstossen und die schwebende Latte an sich ziehen.

Stellen Sie sich auf ihren Isolirschmel; nähern Sie Ihre rechte Hand der balancirten Latte und strecken Sie Ihren linken Arm aus. Keine Spur einer Anziehung wird sich hierbei kundgeben. Sobald jedoch Ihr Gefährte eine geriebene Glasröhre Ihrem linken Arme nähert, wird die Latte den Bewegungen Ihrer Rechten willig folgen. Berühren Sie nun mit letzterer einen nicht-isolirten Körper, so hört jede Anziehung momentan auf; und selbst ein fortgesetztes Halten der erregten Glasröhre über Ihren linken Arm vermag in Ihrer rechten Hand keine weitere Anziehungskraft hervorzurufen. Wird jedoch die Glasröhre entfernt, so stellt sich die Anziehung wieder her. Das erstemal entstand die Anziehung dadurch, dass die positive Elektricität Ihres Körpers in Ihren rechten Arm entfloß und sich dort sammelte; die zweite Anziehung fand durch negative Elektricität statt, die sich bei Entfernung der inducirenden Glasstange über Ihren Körper, somit auch über Ihre rechte Hand verbreitete. Die Richtigkeit theoretischer Schlüsse vermag nur durch praktische Versuche constatirt zu werden.

Stellen Sie sich abermals auf Ihren Isolirschmel, indem Sie Ihre rechte Hand dem Elektroskope nahe halten; Sie werden keine Wirkung wahrnehmen. Strecken Sie nun auch den linken Arm aus und heissen Sie Ihren Gefährten demselben eine erregte Glasröhre abwechselnd nähern und von ihm wieder entfernen; so werden Sie die Goldblättchen jedesmal auseinanderfahren und wieder zusammenklappen sehen. Bei jedesmaliger Näherung der Glasröhre werden dieselben durch positive Elektrizität

Fig. 22.



afficirt, bei jedesmaliger Entfernung der Röhre stellt sich wieder das Gleichgewicht her.

Sie könnten nun ganz wohl Du Fay's Versuch wiederholen, von dem bereits in Cap. XIII die Rede war. Hängen Sie ein Brett an vier Seidenschnüren auf, und einer Ihrer Gefährten lege sich flach mit dem Rücken auf dasselbe. Stellen Sie sodann Ihren Strohhalm-Index derart auf, dass das Plättchen *N* oberhalb der Nasenspitze Ihres liegenden Gefährten, und zwar in geringer Entfernung von derselben sich befinde. Wenn Sie nun eine geriebene Glasröhre den Füßen desselben nähern, so wird das Plättchen nicht nur momentan auf dessen

Nasenspitze herabgezogen, sondern Sie werden noch überdies einen Funken zu sehen bekommen, der während der Bewegung des Plättchens von der Nasenspitze auf dasselbe überspringt.

Versuchen Sie nun weiters Ihr Elektroskop einmal mit positiver und gleich darauf mit negativer Elektricität zu laden. Kurzes Nachdenken genügt, um den Weg zu finden, auf welchem dies bewerkstelligt zu werden vermag. Nähern Sie irgend einen erregten Körper dem Elektroskope. Die Elektricität, welche das Auseinanderfahren der Blättchen bewirkt, ist offenbar von gleicher Art mit jener, die im genäherten Körper vorhanden ist. Berühren Sie das Elektroskop; die Plättchen werden zusammenfallen. Ziehen Sie Ihren Finger zurück und entfernen Sie sodann den influenzirenden Körper; die Blättchen werden abermals von einander abweichen.

Der beste Weg zur Ermittlung der Elektricitätsart eines Körpers ist der, das Elektroskop jedesmal mit einer bekannten Elektricitätsart zuerst zu laden und hierauf den zu untersuchenden Körper, nachdem derselbe gerieben wurde, jenem zu nähern. Vergrössert sich hierdurch die Divergenz der Blättchen, so beweist dies, dass die im untersuchten Körper vorhandene Elektricität von gleicher Art wie die frühere sei. Der Grund ist einleuchtend.

Wird Gray's Versuch bei Seite gelassen, so genügt die Auslage von $2\frac{1}{2}$ Mark, um dem Schüler die Durchführung aller genannten Versuche zu ermöglichen.

Die gründliche Auffassung der Inductionsgesetze, verbunden mit der durch eigenes Experimentiren erworbenen Handfertigkeit, räumt alle Schwierigkeiten aus

dem Wege, die sich der weiteren Verfolgung der Untersuchung entgegenstellen. Ich werde mich daher in der Folge darauf beschränken, alle vorkommenden Phänomene durch diese als verstanden angenommenen Inductionsgesetze zu erklären.

Ohne Kenntniss dieser letzteren wäre es unmöglich, die Anziehung zu erklären, welche erregte Körper auf neutrale ausüben. Streng genommen, sind solche Körper, sobald deren Anziehung stattfindet, nicht mehr neutral; sie befinden sich schon in einem durch Influenz elektrisirten Zustande, und diesem allein ist die Anziehung zuzuschreiben.

Hier muss ich noch eine Erscheinung erwähnen, auf die ich bereits früher einmal angespielt habe. Neutrale Körper, ich wiederhole dies, werden nur darum angezogen, weil sie bereits durch Induction in elektrisirten Zustand versetzt sind. Denken wir uns irgend einen, jedoch nur schwach positiv elektrisch gewordenen Körper, d. h. die in demselben enthaltene Menge positiver Elektricität übersteige um ein Geringes die Menge negativer Elektricität, die er enthält. Nähert man demselben nun eine geriebene Glasstange, so kann die in Folge solcher Induction oder Influenz an dem der Glasstange zugewendeten Ende des Körpers sich sammelnde negative Elektricität des Körpers stark genug sein, eine Anziehung der Glasstange zu bewirken. Da nun der Körper in Folge dieses Ueberschusses an positiver Elektricität, sei derselbe auch noch so gering, doch immer positiv geladen ist, so haben wir in diesem Falle das Paradoxon, dass zwei positiv geladene Körper einander anziehen. Dies ist der in Cap. X bereits berührte

Fall, wo ich Sie warnte, sich bei Prüfung einer Elektrizitätsart ja nie der Anziehung, sondern stets der Abstossung zu bedienen.

Versuchen wir nun mittelst des Inductionsgesetzes eine wichtige Erfindung zu beleuchten, die im Jahre 1775 durch den berühmten Volta der Welt bekanntgegeben wurde.

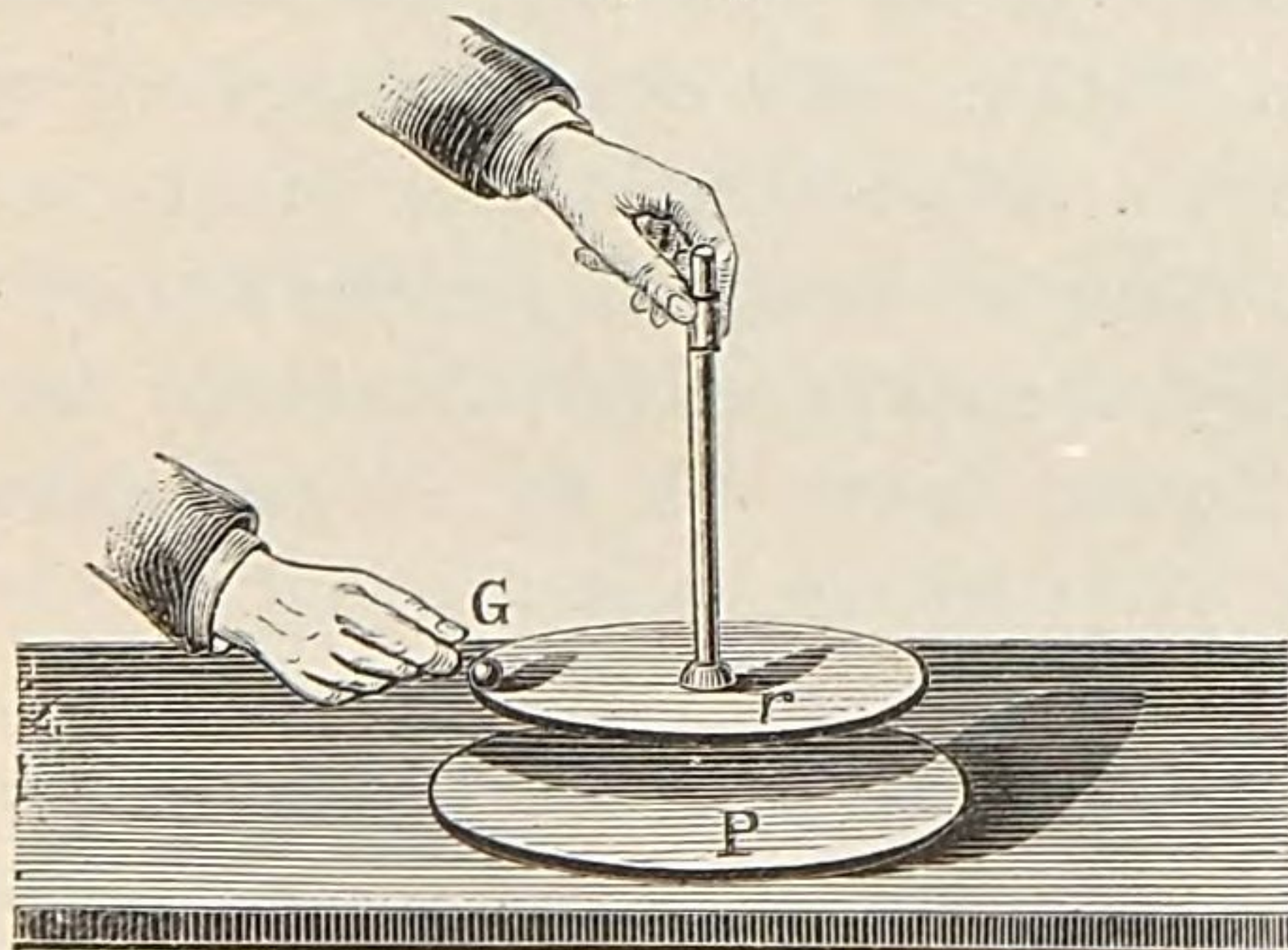
XV.

Der Elektrophor.

Schneiden Sie aus Zinkblech oder Weissblech eine ca. 6zöllige Scheibe *T* (Fig. 23) und erhitzen Sie dieselbe in ihrer Mitte durch die Flamme einer Kerze oder Weingeistlampe. Kleben Sie sodann das Ende einer Siegelwachsstange *H* an die Mitte der Scheibe, so dass die Stange eine isolirende Handhabe bildet. Auf diese Weise erhalten Sie den Deckel des Elektrophors. Eine ebene Harzscheibe oder eine Scheibe vulcanisirten Kautschuks *P*, oder, wenn Sie auch diese nicht haben, ein Blatt warmen Packpapiers kann dem Elektrophor als Bodenplatte dienen. Reiben Sie nun diese Bodenplatte mit Flanell oder peitschen Sie dieselbe mit einem Fuchsschwanz. Sie wird hierdurch negativ elektrisirt. Wenn Sie nun den Deckel auf die erregte Platte legen, so wird er nur an mehreren Punkten fest aufliegen, an der ganzen übrigen Oberfläche wird sich eine sehr dünne Luftschicht zwischen Platte und Deckel befinden.

Die erregte Platte wirkt nun auf dem Wege der Induction durch jene Luftschicht auf den Deckel, indem

Fig. 23.



sie dessen positive Elektrizität anzieht und die negative abstösst. Sie haben nun im Deckel zwei elektrische Schichten; eine untere, und zwar gebundene positive, und eine obere freie, negative. So wie Sie den Deckel aufheben, vereinigen sich diese beiden Elektrizitäten, und derselbe wird Ihre schwebende Latte nicht anziehen.

Stellen Sie den Deckel wieder auf die Platte zurück und berühren Sie ihn sodann mit dem Finger. Was geht da vor sich? Sie sollten es schon wissen. Die freie, und zwar negative Elektrizität strömt durch Ihren Körper zur Erde und lässt die positive im gebundenen Zustande zurück.

Heben Sie nun abermals den Deckel mittelst der Handhabe in die Höhe; in welcher Verfassung wird er sich jetzt befinden? Sie sollten dies gleichfalls bereits zu sagen vermögen. Er wird durchaus mit positiver Elektrizität geladen sein. Bringen Sie ihn der Latte nahe, so

wird er dieselbe lebhaft anziehen; nähern Sie ihn dem Knöchel eines Ihrer Finger, so wird von ihm ein Funke auf den Knöchel überspringen.

Versuchen Sie das gleiche Experiment mittelst eines abgenützten Thalers oder einer grösseren Kupfermünze. Kleben Sie ein Stück Siegelwachs daran, um eine isolirende Handhabe zu haben; legen Sie hierauf die Münze auf ein erregtes Kautschukblatt, berühren Sie die obere Seite der Münze, heben Sie sie ab und nähern Sie sie Ihrer Latte. Wäre letztere selbst volle 8 Fuss lang, 3 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll dick, so wird das aus einer so kleinen Münze bestehende Elektrophordeckelchen eine so starke Anziehung kundgeben, dass Sie mittelst desselben die schwere Latte im Kreise herumzuführen im Stande sind. Dieser Versuch ist äusserst charakteristisch. Prüfen Sie Ihr Instrument in anderer Weise. Bringen Sie am Deckel desselben einen dünnen Draht an, etwa dadurch, dass Sie das auf dem Deckel liegende Ende desselben mit einem kleinen Gewichte beschweren, und verbinden Sie das andere Drahtende mit Ihrem Elektroskope. Wenn Sie nun den Deckel auf die erregte Platte setzen, so müssen Sie bereits vorherzusagen im Stande sein, was dies zur Folge haben wird. Die abgestossene negative Elektrizität wird sich den Goldblättchen mittheilen und sie zum Auseinanderweichen bringen. Heben Sie den Deckel auf, und sie werden wieder zusammenfallen. Wiederholen Sie dieses mehrmals und beobachten Sie die Präcision der Bewegung der Blättchen.

Wenn Sie ein mit Stanniol überzogenes Siegelwachs-kügelchen oder überhaupt einen mit einer leitenden Substanz umgebenen runden Gegenstand an die Oberfläche

des Deckels kleben, so erhalten Sie einen starken Funken von demselben; die Ursache werden Sie sehr bald kennen lernen.

Der höchste Werth Ihres Experimentirens besteht darin, dass Sie jedesmal vor einem Versuche sich den ganzen Vorgang im Geiste zurechtlegen; und Sie werden sich stets sehr befriedigt fühlen, wenn Sie das, was Sie voraussagten, durch das Experiment bekräftigt finden.

XVI.

Wirkung von Spitzen und Flächen.

Der Gang der Erörterungen führt uns nun vom Elektrophor zur Elektrisirmaschine. Bevor wir uns jedoch mit letzterer näher befassen, ist es nöthig, sich ein richtiges Bild der Art und Weise zu machen, in welcher die Elektricität sich über Conductoren und insbesondere über solche verbreitet, die von länglicher Gestalt oder mit Spitzen versehen sind.

Isoliren Sie eine Metall- oder mit Stanniol überzogene Holzkugel oder welch immer leitenden sphärischen Körper, und ertheilen Sie demselben dadurch, dass Sie ihn mit einer geriebenen Glasröhre berühren und dieses mehrere Male wiederholen, eine ziemlich starke elektrische Ladung. Nehmen Sie von letzterer eine Probe durch Berührung der Kugel mit Ihrem Ueberträger und beobachten Sie die Grösse des Ausschlages, den die Probe in den Goldblättchen des Elektroskopes bewirkt. Entladen sie letzteres und wiederholen Sie die Operation nochmals, indem Sie

die Kugel jedesmal an einer anderen Stelle mit Ihrem Ueberträger berühren. Selbst der geübteste Experimentator wird in der Grösse der Ausschläge der Goldblättchen keinen Unterschied finden; woraus geschlossen wird, dass die Ladung der Kugel an allen Stellen derselben von gleicher Stärke war. Man kann sich das elektrische Fluidum als ein Meer vorstellen, das mit gleichbleibender Tiefe den sphärischen Körper umgibt.

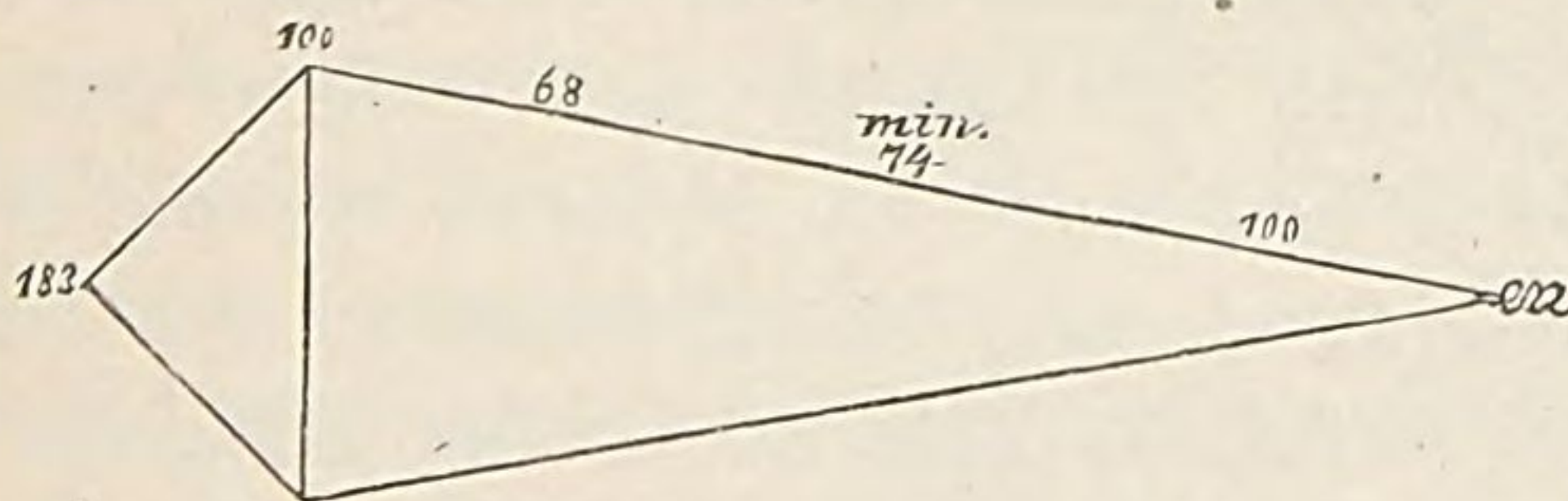
Geben wir jedoch dem Conductor die Gestalt eines Würfels, eines langen Cylinders, eines Kegels oder einer Scheibe, so wird die Tiefe des Fluidums, die auch den Namen »elektrische Dichte« führt, nicht mehr auf allen Punkten die gleiche sein. An den Enden eines länglichen Cylinders wird die Ladung grösser als in seiner Mitte sein. Die Ränder einer Scheibe zeigen sich stärker geladen als die Oberflächen derselben. Das Gleiche findet mit der Spitze eines Kegels seinen Seitenflächen gegenüber statt.

Von der Richtigkeit dieser Behauptung können Sie sich jeden Moment überzeugen. Machen Sie, nachdem Sie den Ausschlag der Goldblättchen beobachtet haben, welchen die Elektrizität der Kugel hervorrief, den gleichen Versuch mit einem aus einer Steckrübe geschnittenen Würfel, mit einem mit Stanniol belegten Cigarrenkistchen, mit einem metallenen oder hölzernen, mit Stanniol überzogenen Cylinder, mit einer fein zugespitzten kegelförmigen Möhre. In allen diesen Fällen werden Sie finden, dass Ihr Ueberträger bei Berührung der Ecken oder Spitzen dieser Gegenstände eine kräftigere Ladung erhält, als wenn Sie ihn mit den ebenen oder krummen Flächen derselben in Contact bringen. Vielleicht ist der

Unterschied nicht besonders auffallend; jedenfalls jedoch wird sich ein solcher kundgeben. Sogar bei isolirten Eiern, wie wir sie bei unseren Inductions-Untersuchungen (Fig. 16) benützt haben, zeigt es sich, dass die Ladungen an den Enden derselben stärker als in der Mitte sind.

Zur Beleuchtung der elektrischen Vertheilung will ich Ihnen ein Beispiel vor die Augen führen, das ich

Fig. 24.



dem ausgezeichneten Werke des Berliner Professors Riess über Reibungs-Elektricität entnommen habe. Werden zwei Kegel (Fig. 24), ein spitzerer und ein stumpferer, mit ihren Grundflächen aneinander gestossen, und bezeichnet man die Stärke der Ladung am Berührungskreise mit 100, so ergibt sich ihr Werth an der Spitze des stumpferen Kegels mit 133, an jener des spitzeren mit 202. Die übrigen auf der Zeichnung ersichtlichen Ziffern zeigen die Werthe der Ladungen an den hiezu gehörigen Stellen an.

Fig. 25.

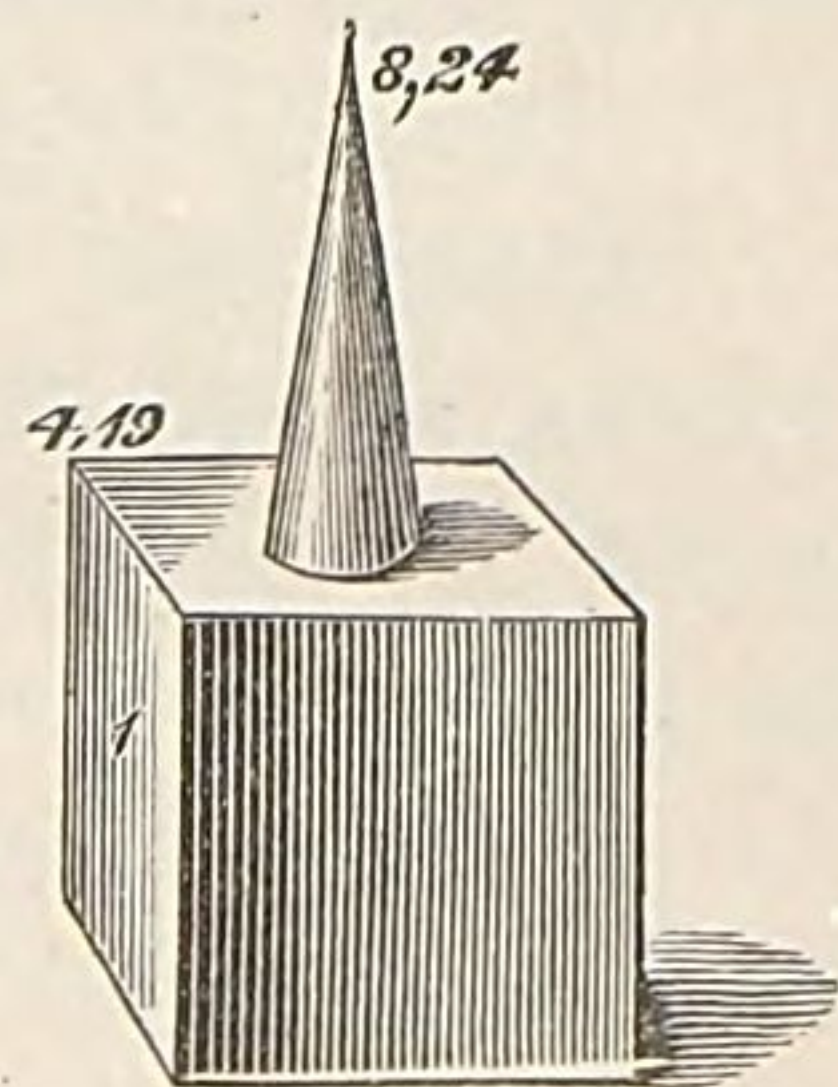


Fig. 25 stellt einen auf einem Würfel stehenden Kegel dar. Bezeichnet man die Stärke der Ladung, die sich an der Oberfläche des Würfels kundgibt, mit 1, so zeigen die beiden anderen Ziffern, die die Stärke der-

selben an der Ecke desselben und der Kegelspitze ausdrücken, deren grosse Ueberlegenheit über erstere.

Riess fand, dass mittelst Messung der Stärke einer Probe er im Stande war, mit grosser Genauigkeit den Zuspitzungsgrad des Punktes zu bestimmen, von welchem dieselbe genommen war. Auf diesem Wege vermochte er das Verhältniss der Schärfe verschiedener Pflanzendorne zu jener einer feinen englischen Nähnadel zu ermitteln. Euphorbiadorne erwiesen sich als spitziger, Stachelbeerdorne als gleich und Dorne von Cactus, Schwarzdorn und Rose als stumpfer als die Nähnadelspitze. Bezeichnet man die Dornspitze der Euphorbia mit 90, so entfiel die Zahl 80 auf die Nähnadel und die Zahl 53 auf den Rosendorn.

Indem in jeder der beiden Elektrizitätsarten Selbstabstossung vorherrscht, so wird man nun begreifen, warum, sobald sich an einem mit einer Spitze versehenen Conductor Elektrizität anzuhäufen beginnt, ihre Abströmung und Zerstreuung durch die Spitze stattfindet.

Die nun folgenden Versuche sind theoretisch wichtig. — Kleben Sie eine Siegelwachsstange mit einem ihrer Enden an ein Brettchen oder Plättchen, so dass sie aufrecht stehen bleibt. Schmelzen Sie eine erhitzte Nadel in ihr oberes Ende ein, und stecken Sie eine Möhre in horizontaler Lage an die Nadel. Drücken Sie ferner eine andere Nähnadel in eines der Möhrenenden, so dass ihre Spitze aus demselben herausragt. Halten Sie hierauf eine geriebene Glasröhre so nahe als möglich an diese Nadelspitze, ohne sie jedoch zu berühren. Was wird nun vor sich gehen? Die negative Elektrizität wird sich sofort durch die Nadelspitze auf die Glasröhre entladen. Ent-

fernen Sie nun letztere und untersuchen Sie die Möhre; Sie werden dieselbe mit positiver Elektricität geladen finden.

Ein weiteres Experiment, welches zwar etwas schwieriger auszuführen ist als das vorhergegangene, aber dennoch bei gehöriger Vorsicht stets gelingt, ist folgendes: Nähern Sie diesmal Ihre geriebene Glasröhre dem der Nadel entgegengesetzten Rübenende. Was geht nun vor? Die positive Elektricität, die sich an dem, mit der Nadel versehenen Ende anhäuft, wird nun durch die Nadelspitze in die Luft ausströmen. Entfernen Sie hierauf die Glasröhre und prüfen Sie die Möhre; Sie werden dieselbe negativ finden.

Ein dritter Versuch: Bringen Sie unmittelbar vor der Nadelspitze eine aus trockenem Glas, Wachs, Harz, Schellack, Paraffin, Guttapercha oder irgend einem anderen Nichtleiter bestehende Platte in verticaler Stellung an, und fahren Sie knapp vor derselben mit der geriebenen Glasröhre hinauf oder herab, so dass die isolirende Platte sich zwischen Ihrer Röhre und der Spitze der in der Möhre steckenden Nadel befindet. Die Elektricität wird von der Nadelspitze aus sich über die isolirende Platte ergiessen, und Sie werden letztere, wenn Sie sie prüfen, mit negativer Elektricität geladen finden.

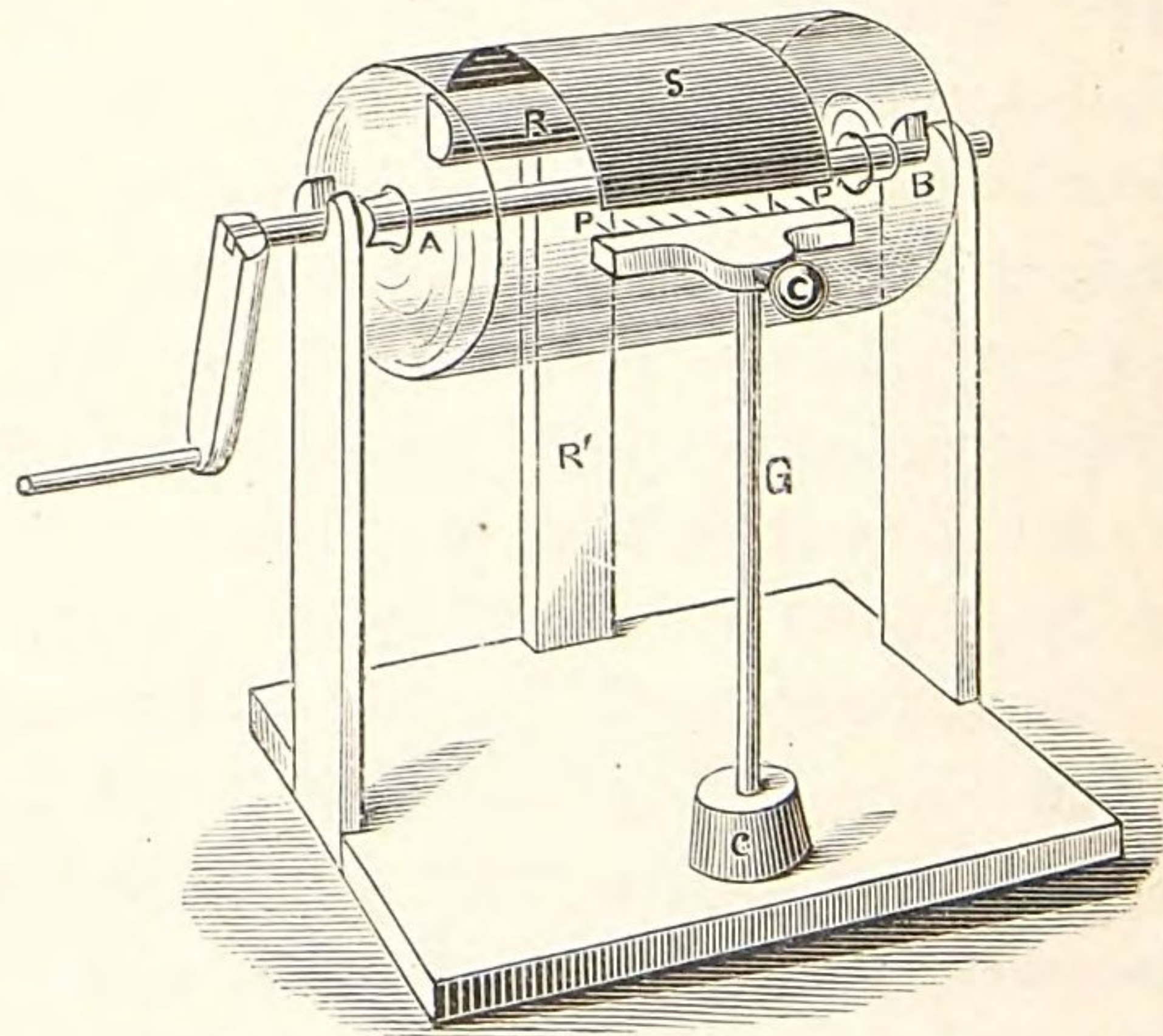
XVII.

Die Elektrisirmaschine.

Eine Elektrisirmaschine besteht aus zwei Haupttheilen: einem durch Reibung zu erregenden Nichtleiter und einem Conductor.

Wie bereits erwähnt, war Otto von Guericke's Schwefelkugel die erste Elektrisirmaschine. Als Reibzeug diente die Hand, und so verblieb es durch lange Zeit. Hawksbee und Winckler substituirten später Glasballons für die Schwefelkugel. Boze in Wittenberg (1741) fügte den Conductor hinzu, der ursprünglich nichts anderes als eine, auf Harzfüssen stehende, oder an Seidenfäden hängende Zinnröhre war. Bald darauf wendete

Fig. 26.



Gordon statt des Glasballons einen gläsernen hohlen Cylinder an. Derselbe wurde theils in horizontaler, theils in verticaler Stellung angebracht. Gordon gelang es, von seiner Maschine so kräftige Wirkungen zu erzielen, dass er mittelst derselben kleine Vögel zu tödten vermochte. Im Jahre 1760 führte Planta die Scheibenmaschine ein, die wir noch heute in Anwendung sehen.

H. Cottrell construirte für gegenwärtige Vorlesungen eine kleine Cylindermaschine, die in Fig. 26

dargestellt ist. Der gläserne Cylinder ist beiläufig 7 Zoll lang und hat 4 Zoll im Durchmesser. Die Welle desselben ist aus Holz und mit Siegelwachs fest in den Cylinder eingekittet. Der hölzerne, mit Stanniol belegte Conductor *C* steht auf einer gläsernen Stange oder Röhre *G*. In die dem Cylinder zugewendete Seite des Conductors wird eine Anzahl Stecknadelspitzen *P, P*, eingeschlagen. Das auf der hinteren Seite des Cylinders angebrachte Reibzeug *R* ist an eine senkrechte Latte *R'* befestigt, die dasselbe gleichzeitig an den Cylinder andrückt. *S* ist ein an das Reibzeug befestigter Seidenlappen. Wird der Cylinder mittelst der Kurbel in drehende Bewegung versetzt, so erhält man vom Knopfe *C* entweder Funken, oder man kann durch denselben eine Leydnerflasche laden.

Fig. 27.

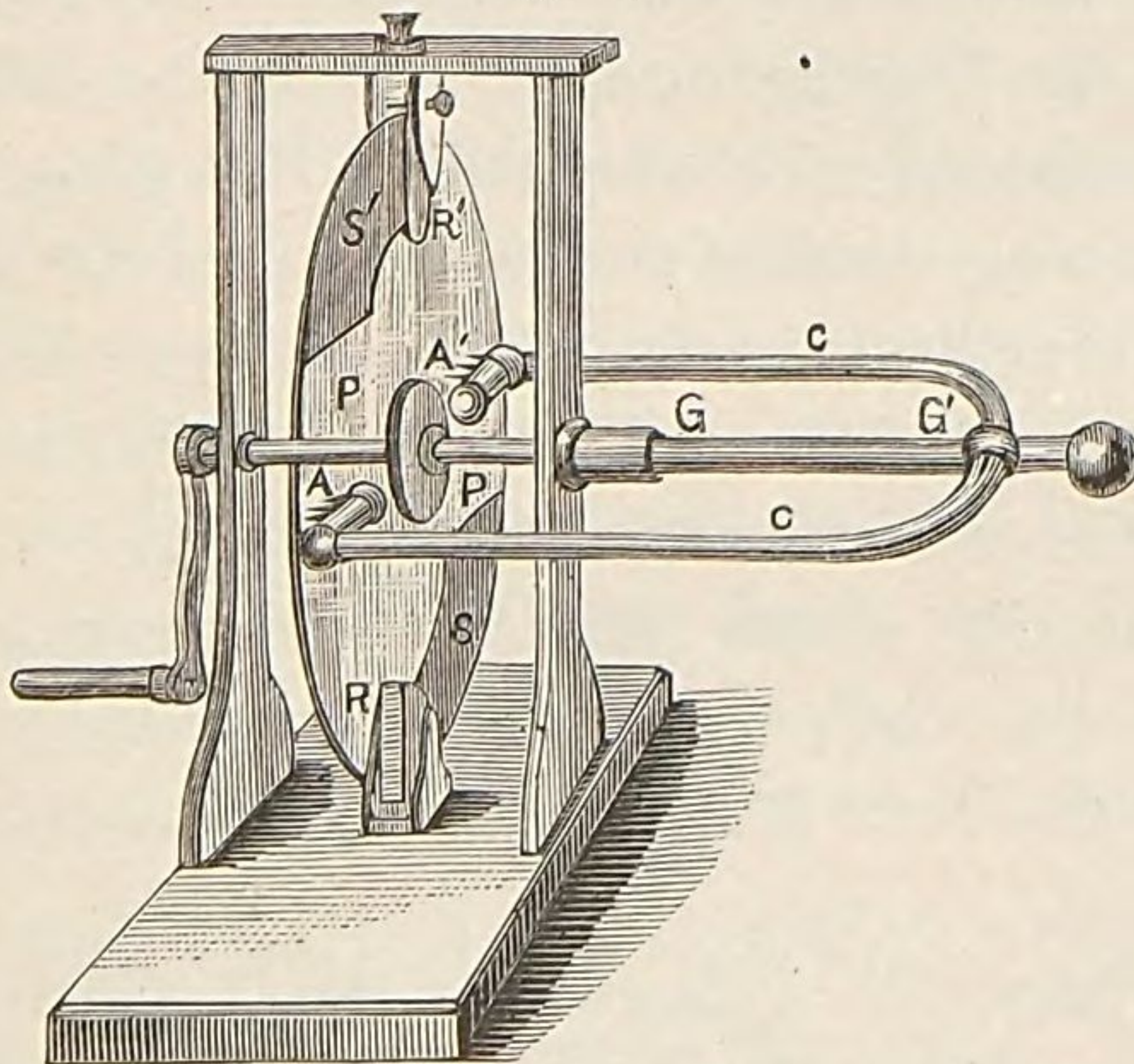


Fig. 27 stellt eine Scheibenmaschine dar. *P* ist die mit ihrer Welle sich drehende Scheibe, *R* und *R'* sind die an beiden Scheibenflächen anliegenden Reibzeuge;

$S S'$ die an letztere befestigten Seidenlappen. A und A' sind zwei Reihen Spitzen, die einen Bestandtheil des Conductors C ausmachen. $G G'$ ist eine den Conductor von der Drehkurbel isolirende Glasstange.

Die Ladung des Conductors geht in folgender Weise vor sich:

Beim Drehen der Glasscheibe wird dieselbe durch die Reibzeuge positiv elektrisirt. In einer zu den Reibzeugen winkelrechten Stellung befinden sich die beiden Spitzenreihen $A A'$, auf welche das Glas eine inducirende Wirkung durch Anziehung der negativen und Abstossung der positiven Elektricität des Conductors ausübt. Nach dem früher in Cap. XVI Erwähnten ergiesst sich die negative Elektricität des letzteren durch die Spitzen über die Oberfläche der Glasscheibe, wodurch die derselben anhaftende Elektricität neutralisirt wird und in diesem Zustande verharrt, bis beim Durchgange der Scheibe durch das nächstfolgende Reibzeug eine abermalige Erregung stattfindet.

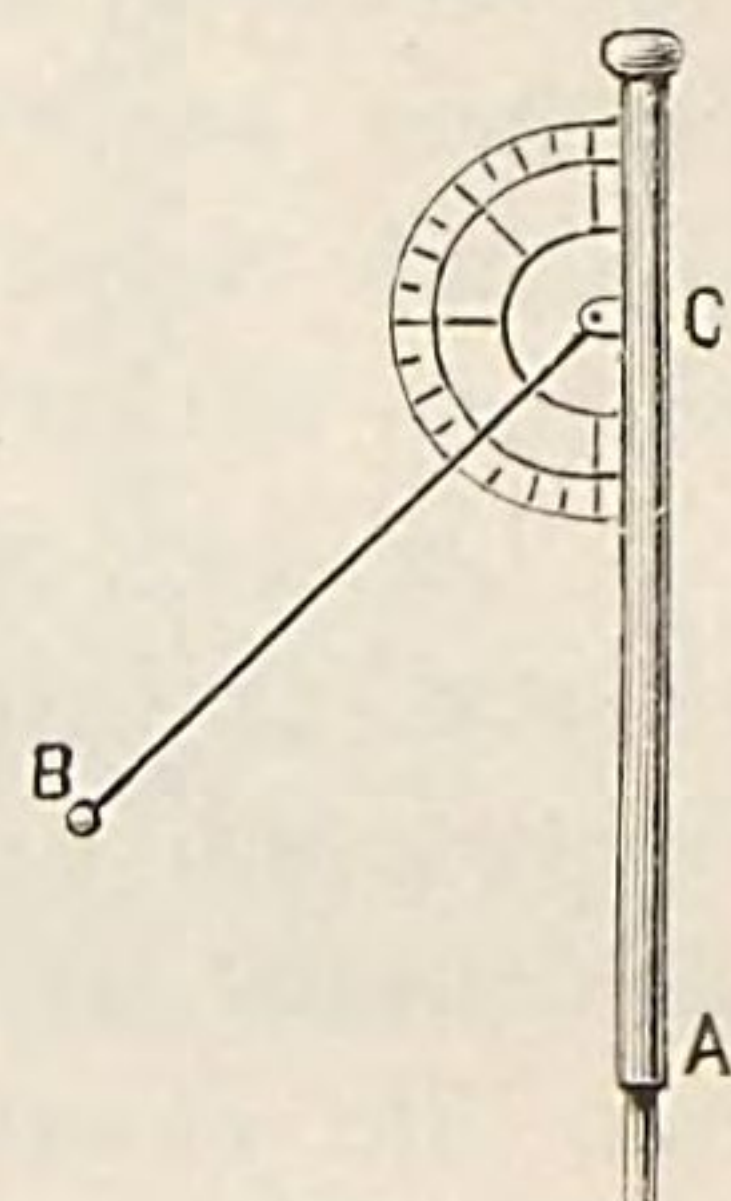
Die Ladung des Conductors mit positiver Elektricität findet somit nicht dadurch statt, dass demselben positive Elektricität zugeführt wird, sondern dadurch, dass ihm seine negative Elektricität entzogen wird.

Nähern Sie einem derartig geladenen Conductor Ihren Fingerknöchel, so findet die Abströmung seiner Ladung in den Knöchel in Gestalt eines überspringenden Funkens statt.

Beobachten Sie aufmerksam die Natur der Funken, die bei fortgesetztem Drehen der Maschine Ihren Fingerknöchel treffen. Strecken Sie nun den Finger aus und lassen Sie die Funken statt auf den stumpfen Knöchel auf die Fingerspitze überspringen. Die Funken werden

nun einen grossen Theil ihrer Stärke und ihres Glanzes eingebüsst haben. Halten Sie hierauf statt des Fingers etwas noch Spitzigeres, z. B. eine Nadel, gegen den Conductor, so erhalten Sie gar keinen Funken. Um einen kräftigen Funken zu geben, muss die Elektricität des Conductors einen gewissen Grad von Dichte oder Tension erlangt haben; und um dies zu ermöglichen, darf sich an dem Conductor keine Spitze befinden, durch welche dieselbe abzuströmen vermag, noch darf eine solche dem Conductor genähert werden. Alle Theile des letzteren müssen sorgfältig abgerundet sein. Gewöhnlich bringt man an demselben ein Elektroskop (Fig. 28) an, das aus einem Metallstängelchen *AC* besteht, mit welchem ein beweglicher Strohhalm verbunden ist, an dessen unterem Ende sich ein Hollundermarkkugeln *B* befindet. Die Elektricität des Conductors verbreitet sich über das ganze Elektroskop, und da somit das Stängelchen und der Strohhalm mit gleichartiger Elektricität geladen sind, stossen sie einander ab. Der Grad der Divergenz wird durch eine Scala angezeigt.

Fig. 28.



XVIII.

Fortsetzung der auf die Wirkung von Spitzen Bezug nehmenden Experimente. Die elektrische Mühle, der Goldfisch, der Blitzableiter.

Wenn sich nirgends eine Spitze am Conductor befindet, so genügt eine einzige Umdrehung der Scheibe,

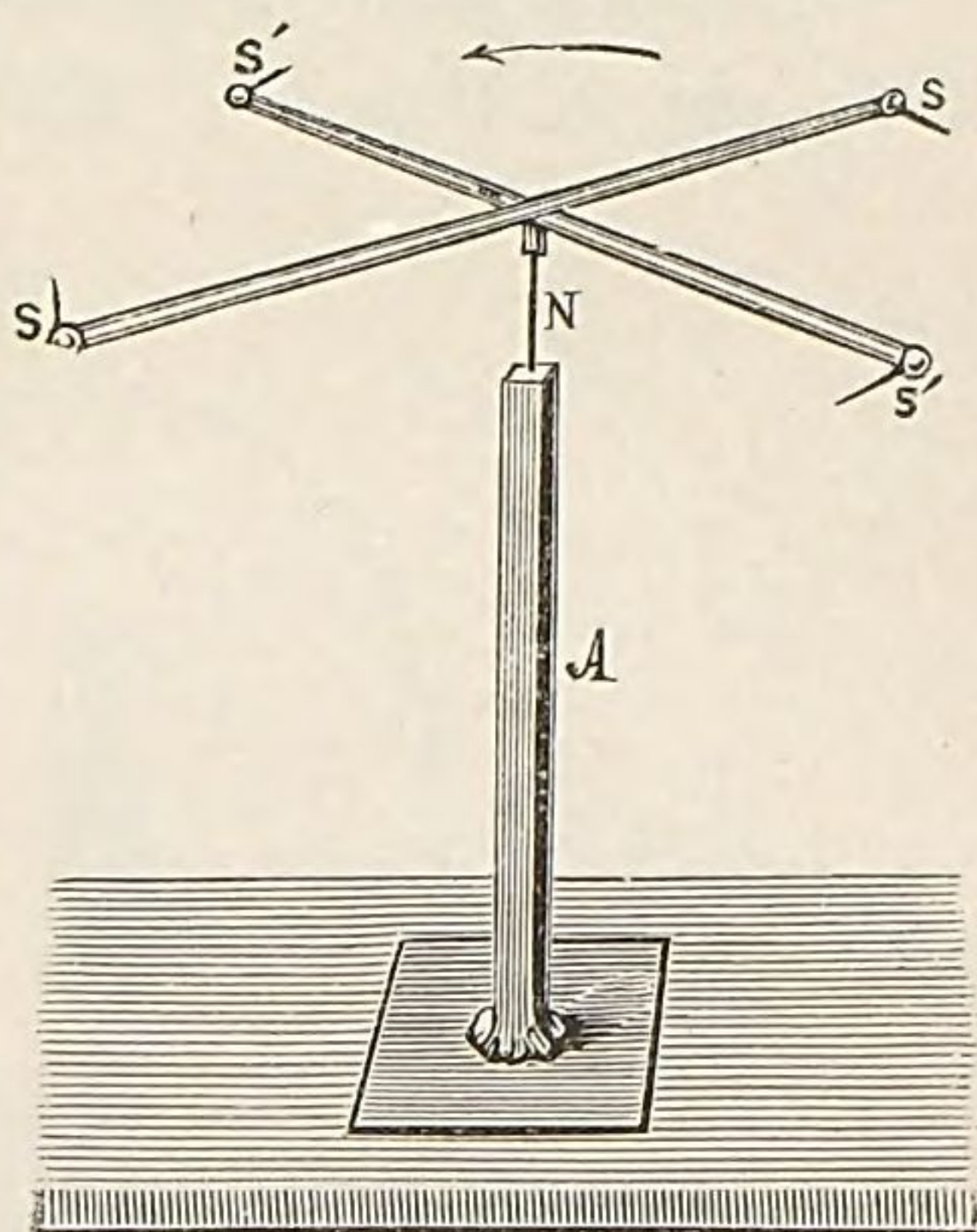
um den Strohhalm des Elektroskopes weit hinauszutreiben. Bringt man jedoch irgend eine Spitze am Conductor an, so entfernt sich der Strohhalm nur wenig von dem Stängelchen, da die Elektricität fast ebenso schnell als sie erzeugt wird, durch die Spitze in die Luft abströmt. Das gleiche Resultat wird erzielt, wenn man dem Conductor eine Spitze nähert. Derselbe wirkt in letzterem Falle inductiv auf die Spitze, wodurch negative Elektricität durch dieselbe auf den Conductor überströmt und hiedurch die, ihm von der Scheibe fortwährend zugeführte positive Elektricität neutralisirt. Flammen und glühende Kohlen wirken in gleicher Weise wie Spitzen, sie strömen Elektricität mit grosser Raschheit aus.

Die von Spitzen oder Flammen in die Luft sich ergiessende Elektricität erregt gleichzeitig eine gegenseitige Abstossung der Lufttheilchen unter sich. Das Vorhandensein letzterer gibt sich dadurch kund, dass, wenn man die Hand über eine am Conductor einer guten Maschine angebrachte Spitze hält, man einen kalten Luftstrom daselbst wahrnimmt. Dr. Watson war der Erste, der diesen kalten Luftstrom bei einer Flamme bemerkte, während Wilson ihn zuerst an einer Spitze beobachtete. Ebenso beschrieben Jollabert und der Abbé Nollet den Einfluss von Spitzen und Flammen. Man nennt solche Strömung den »elektrischen Wind«. Wilson brachte Körper durch denselben in Bewegung; Faraday übte durch ihn einen Druck auf die Oberfläche von Flüssigkeiten aus; Hamilton benützte ihn, um durch seine Reaction gespitzte Drähte zum Rotiren zu bringen. Man fand auch, dass durch solchen »Wind« die Verdunstung befördert wird.

Hamilton's Vorrichtung trägt den Namen der »elektrischen Mühle«. Sie können leicht eine solche selbst anfertigen. Legen Sie zwei acht Zoll lange Strohhalm ss , $s's'$ ins Kreuz übereinander (Fig. 29) und verbinden Sie selbe mittelst Siegelwachs. Stecken Sie durch jeden der Strohhalm einen feinen Draht seiner ganzen Länge nach, und biegen Sie dessen aus den Halmen vorspringende Enden rechtwinkelig ab, so dass dieselben Häkchen von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll Länge bilden. Durch ein Tröpfchen Siegelwachs lassen sich diese Drähte leicht in die Halmröhren derart befestigen, dass die Häkchen in horizontaler Stellung bleiben, wenn das Kreuz selbst sich in gleicher Lage befindet. Ein kurzes, im Mittelpunkte des Kreuzes an dasselbe angeklebtes Strohküchlein bildet die Drehbüchse. Diese wird auf eine Nähnadel gesetzt, deren dickes Ende in eine aufrecht stehende Siegelwachsstange eingelassen ist. Wenn Sie nun die Nähnadel mit der Elektrisirmaschine durch einen Draht oder ein Kettchen in Verbindung bringen und die Maschine drehen, so wird an jedem der vier Drahhäkchen eine Luftströmung hervorgerufen, in Folge deren die elektrische Mühle zu rotiren beginnt.

Durch Biegen zweier Drahhäkchen in entgegengesetzter Richtung neutralisiren Sie natürlicher Weise

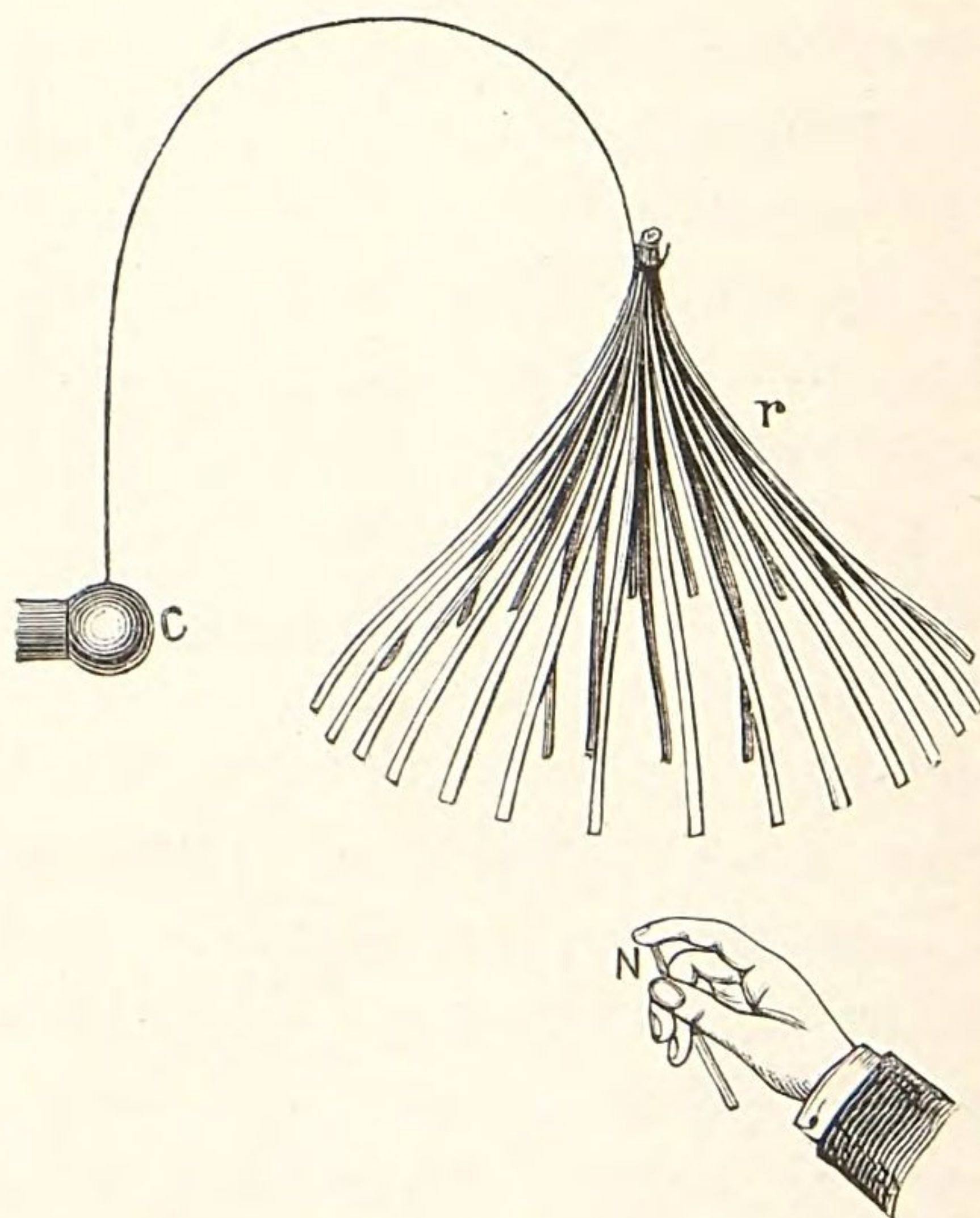
Fig. 29.



die Wirkung der beiden anderen. Da jedoch die Bewirkung der Rotation der Mühle beabsichtigt ist, müssen alle vier Haken in gleicher Weise gebogen sein, damit sie sich gegenseitig durch ihre Wirkung unterstützen.

Nachfolgende Versuche dürften zu Ihrer Belehrung über die Action von Spitzen in nicht geringer Weise

Fig. 30.

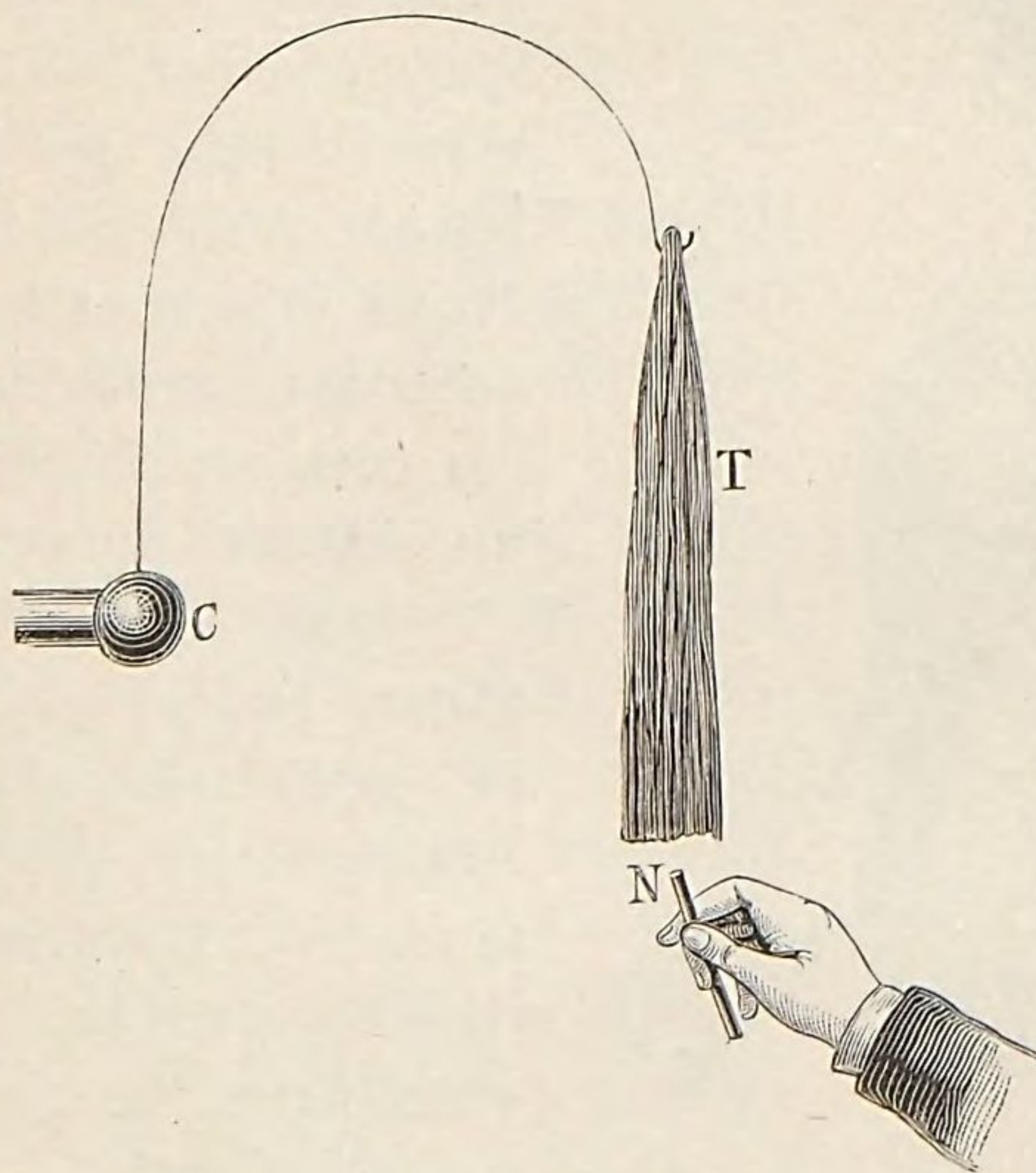


beitragen. Stellen Sie sich auf den Isolirschmel, fassen Sie eine Nähnadel zwischen zwei Finger und bedecken Sie mit dem dritten deren Spitze. Bringen Sie dieselbe in dieser Weise nahe an das Elektroskop und legen Sie Ihre andere Hand auf den Conductor der Elektrisirmaschine. Wird letztere gedreht, so werden Sie nur ein

geringes Auseinanderweichen der Goldblättchen bemerken; sowie Sie jedoch die Nadelspitze durch Zurückziehen des dieselbe bedeckenden Fingers frei machen, findet ein heftiges Auseinanderfahren der Blättchen statt.

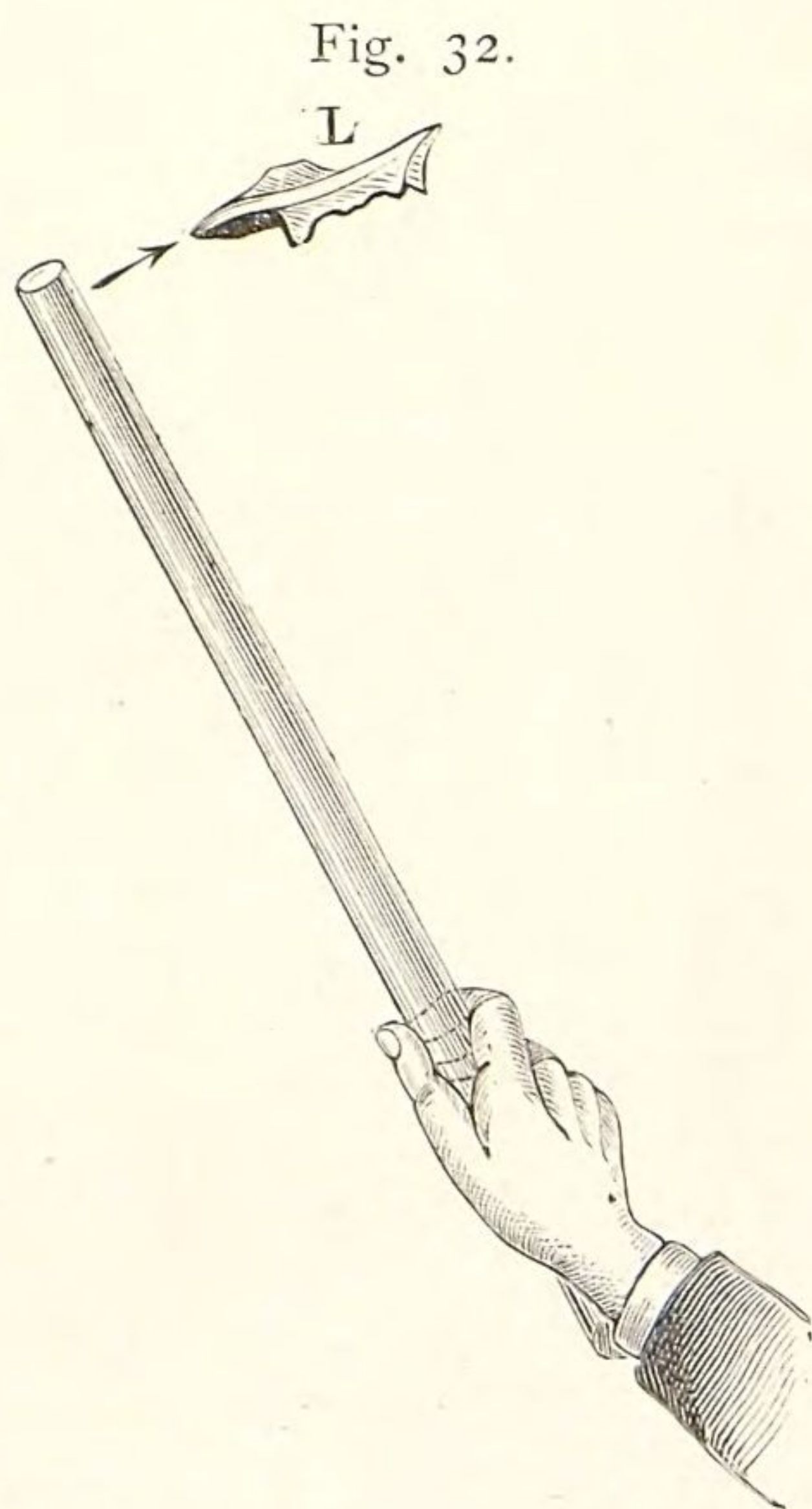
Stecken Sie einen dicken Draht aufrecht in den Conductor *c* (Fig. 30) oder, falls sich dies nicht thun

Fig. 31.



lässt, befestigen Sie denselben in der Nähe des letzteren auf eine isolirende Unterlage und verbinden Sie ihn mit dem Conductor durch einen feinen Draht. Biegen Sie hierauf Ihren dicken Draht und hängen Sie an sein gebogenes Ende ein Bündel Papierstreifen *r*. Wird die Maschine in Gang gesetzt, so theilt sich Elektrizität

den Papierstreifen mit und dieselben fahren auseinander.*) Halten Sie nun Ihre geschlossene Faust seitwärts gegen die Papierstreifen, so werden sich diese derselben zuwenden. Halten Sie hierauf die durch Ihren Finger bedeckte Nadel seitwärts gegen dieselben, so wird sich auch diesmal eine Anziehung kundgeben; sowie Sie



jedoch Ihren Finger von der Nadel wegnehmen, entfernen sich die Streifen im Nu von derselben, als wären sie vom Winde seitwärts geblasen. Wenn Sie jedoch die Nadel in verticaler Stellung unter das Streifenbüschel halten, entladen sich die Streifen und klappen zusammen.

Und nun ist es am Platze, Du Fay's Experiment zu wiederholen, das ihn zur Annahmезweier Elektrizitätsarten führte. Reiben Sie Ihre Glasröhre und halten Sie dieselbe bereit, um im Momente, wo ein Gefährte ein Blatt

echtes Schlaggold oder Silber in die Luft fliegen lässt, die Röhre demselben zu nähern. Das Blatt fliegt der Röhre zu, legt sich einen Augenblick an dieselbe und wird hierauf von ihr abgestossen. Auf diese Art können

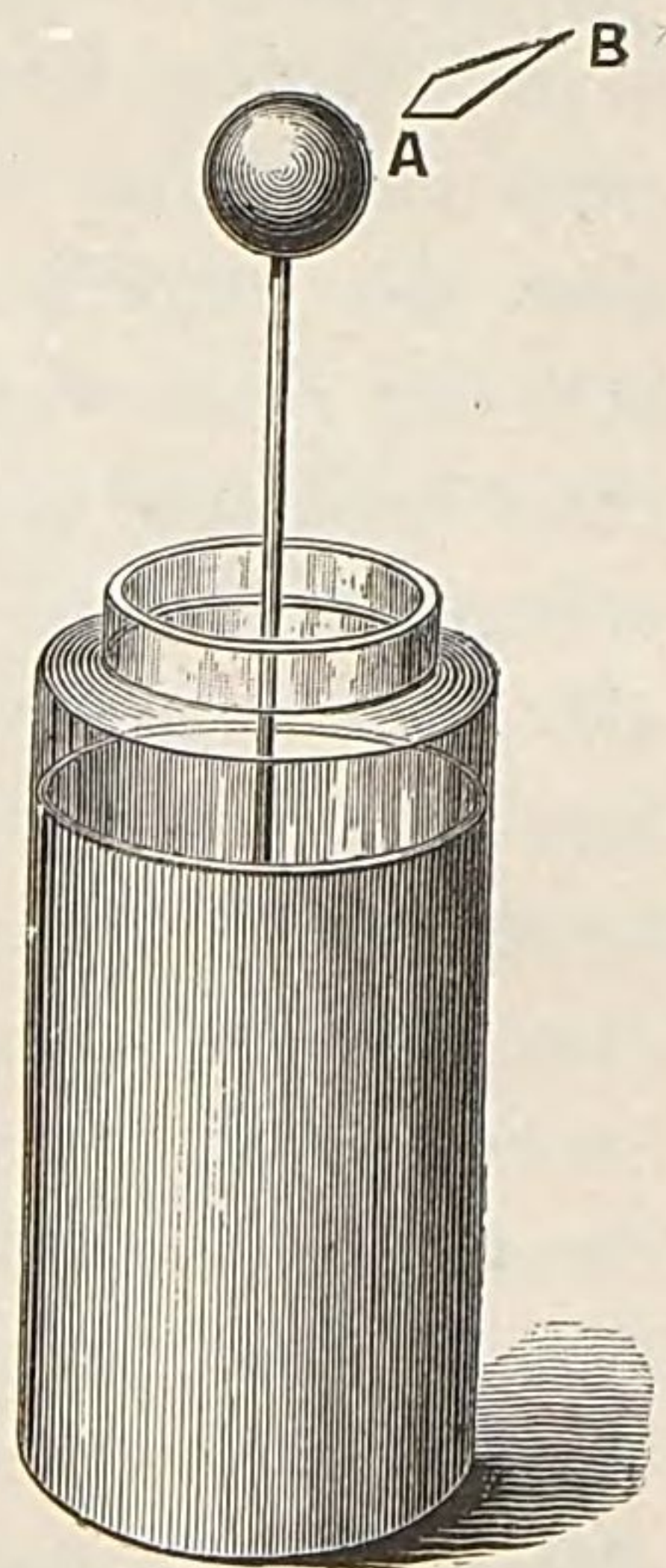
*) In London gelingt dies regelmässig; dennoch gibt es Tage, an denen die Luft so ausserordentlich trocken ist, dass man kaum im Stande ist, das Papierbüschel zu elektrisiren.

Sie das Blatt stundenlang in der Luft in allen Richtungen herumtreiben, ohne dass es zu Boden fällt. Zuerst war dasselbe durch die Röhre inductiv influenzirt worden, in Folge dessen es lebhaft von letzterer angezogen wurde und sich an dieselbe anlegte. Hierbei strömt jedoch die im Blatte vorhandene negative Elektricität durch die vielen Spitzen und Ecken desselben in die Luft aus und lässt positive Elektricität allein zurück. Da nun Röhre und Blatt mit gleicher Elektricität geladen sind, erfolgt die Abstossung. Das Zurückweichen des Streifenbüschels im vorhergehenden Experimente ist der gleichen Ursache zuzuschreiben.

Die Ausströmung der, in die der Röhre entfernter liegenden Theile des Goldblattes durch die Induction gebannten positiven Elektricität findet hier gleichzeitig mit jener der negativen statt, und beide Ausströmungen sind vom elektrischen Winde begleitet. Es lässt sich dem Goldblättchen eine derartige Form ertheilen, dass in Folge der in entgegengesetzten Richtungen wirkenden Reaction der beiden Winde sich dasselbe in der Luft suspendirt erhält. Dieses wird durch Franklin's Experiment, das den Namen »der Goldfisch« führt, illustriert. Er pflegte dasselbe mittelst des Conductors einer Elektrisirmaschine durchzuführen.

Srtserzek vervollkommnete dasselbe dadurch, dass er den Knopf einer Leydnerflasche hierzu verwendete (Fig. 33).

Fig. 33.



Sie können mit der geladenen Flasche in Ihrer Hand in allen Richtungen im Zimmer herumgehen; der Fisch *AB* wird dem Knopfe derselben in einer Distanz von einem bis drei Zollen fortwährend folgen. Sogar bei einer raschen Bewegung der Flasche bleibt er nicht zurück.

Spitzige Blitzableiter entladen, sobald eine Gewitterwolke inductiv auf dieselben einwirkt, ihre Elektricität in die Wolke. Franklin sah dies sehr deutlich und gab auch dafür eine scharfsinnige Erklärung. Er beobachtete, dass der untere Theil einer Gewitterwolke, wenn sie von der Seite angesehen wird, sich als in kleine Wölkchen zerrissen zeigt, von denen je eines unterhalb des anderen schwebt, so dass zuweilen das unterste derselben die Erde nahezu berührt. Diese Wölkchen erschienen ihm gleichsam wie Stufen, auf denen der Blitzstrahl zur Erde niedersteigt. Um sich durch ein Experiment hierüber Aufklärung zu verschaffen, nahm er zwei oder drei zarte Locken roher Baumwolle, verband dieselben mittelst eines Fadens und hing sie an seinen Conductor in solcher Weise, dass die eine sich unterhalb der anderen befand. Wenn er nun dieselben elektrisirte, so streckten sie sich alle senkrecht der Erde zu; hielt er jedoch hierauf eine Nadelspitze unter die unterste Locke, so zog sich dieselbe zur nächst höheren empor, und dies ging so fort, bis sich sämtliche Locken an die untere Seite des Conductors angeheftet hatten. »Dürften nicht«, sagt Franklin, »aller Wahrscheinlichkeit nach, jene niedrigen elektrischen Wölkchen, deren Neutralisirung durch eine mit der Erde verbundene Spitze so leicht zu bewerkstelligen ist, sich nach deren Vollzug der höher gelegenen Hauptwolke

anschliessen und hierdurch einen so grossen Zwischenraum zwischen der Wolke und der Erde hervorrufen, dass das Einschlagen nicht mehr zu befürchten ist?«

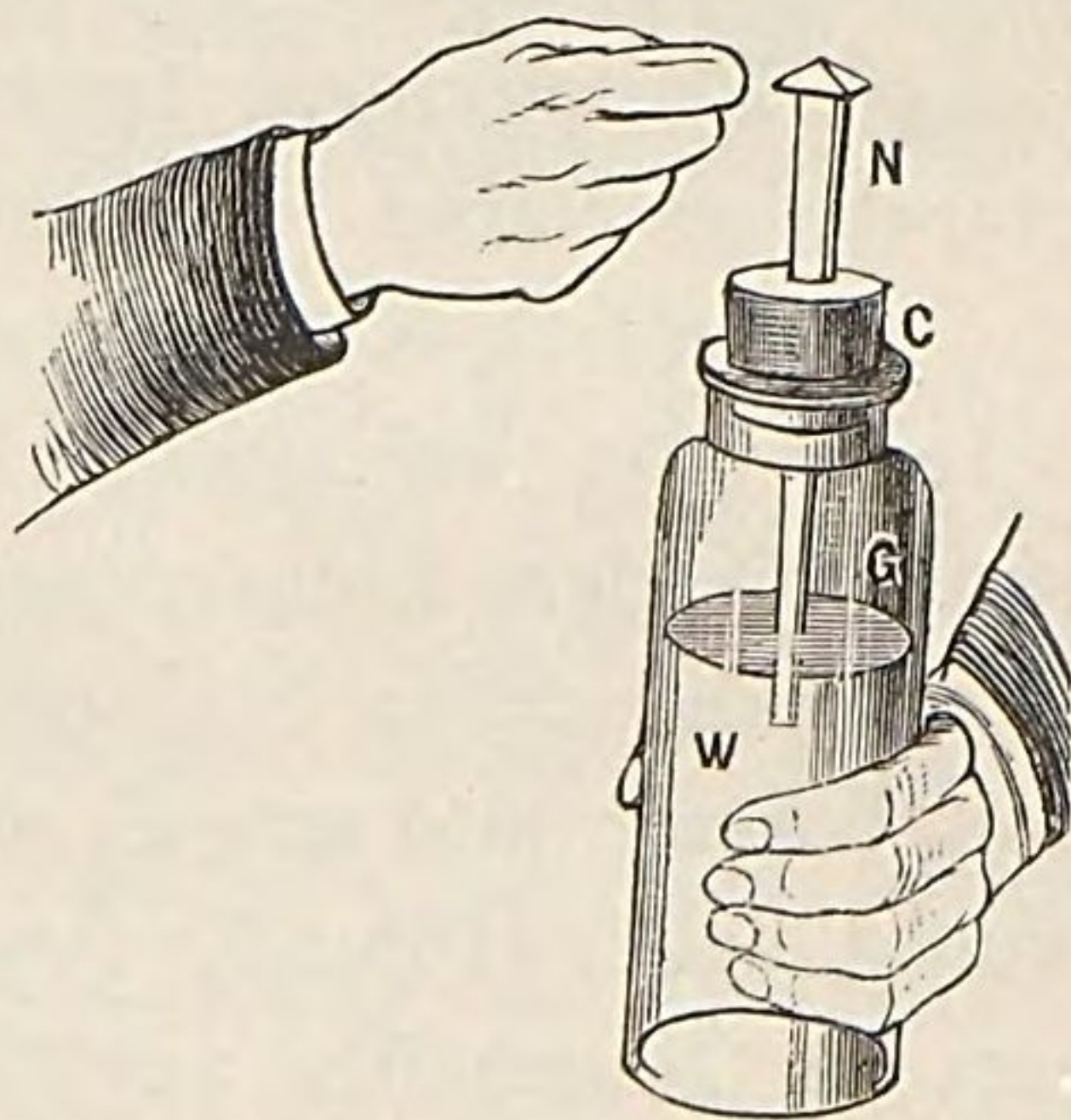
XIX.

Geschichte der Leydnerflasche. Beschreibung derselben.

Die Entdeckung, mit deren Beschreibung wir uns nun befassen werden, stellt alle früheren weit in den Schatten. Wir finden dieselbe zuerst in einem Briefe erwähnt, den Kleist, Pfarrer zu Cammin in Pommern, am 4. November 1745 an Dr. Lieberkühn in Berlin geschrieben hatte. Derselbe beschreibt darin eine verkorkte und zum Theile mit Quecksilber, Weingeist oder Wasser *W* gefüllte Flasche *G* (Fig. 34), durch deren Kork *C* er einen Nagel *N* getrieben hatte, so dass dessen Spitze in die Flüssigkeit eintauchte.

Hatte er nun den Nagel elektrisirt, so vermochte er die Flasche aus einem Zimmer ins andere zu tragen und mittelst derselbe Weingeist zu entzünden. »Wenn ich«, schreibt er, »während die Flasche im Elektrisiren begriffen ist, den Nagelkopf mit einem Finger oder einem in meiner Hand befindlichen Stücke

Fig. 34.



Gold berühre, so erhalte ich einen Schlag, der meinen Arm und meine Schultern lähmt.«

Ein Jahr später machte Cuneus in Leyden eine der Wesenheit nach gleiche Entdeckung, welche in Folge erhitzter Phantasie allgemeines Erstaunen und grossen Schreck hervorrief. Muschenbroek erhielt einen Schlag von solcher Stärke, dass er in einem Briefe erklärt, er wollte für Frankreichs Krone keinen zweiten aushalten. Die Entstehung von Nasenbluten, heftigen Fiebers und mehrere Tage hindurch empfundener grosser Kopfschwere wurde der Wirkung dieses Schlages zugeschrieben. Boze äusserte den Wunsch, durch einen solchen Schlag zu sterben, damit sein Tod in den Annalen der Pariser Akademie der Wissenschaften einen Platz erhalten möge. Kleist vermochte keine Erklärung der Erscheinung zu finden, während die Leydner Physiker mit vollständiger Richtigkeit die zum Gelingen des Versuches erforderlichen Bedingungen bezeichneten. Auf diese Weise entstand der Name »Leydnerflasche«.

Die durch Kleist und Cuneus gemachte Entdeckung erregte das lebhafteste Interesse, und man beschäftigte sich mit dem Gegenstande nach allen Richtungen. Im Jahre 1746 füllte Wilson eine solche Flasche zum Theile mit Wasser und umgab sie auch von Aussen mit Wasser von gleicher Höhe. Er fand, dass sich hierdurch der Schlag um ein Namhaftes verstärkte.

Zwei Jahre später beobachteten die Doctoren Watson und Bevis, dass die Stärke der Ladung der Flasche im Verhältnisse der Vergrösserung der die Flasche von Aussen umgebenden leitenden Substanz zunehme. Statt Wasser in die Flasche zu geben, füllten sie zuerst Schrot

in dieselbe; dies trug jedoch nichts zur Vermehrung der Wirkung bei. Dr. Bevis belegte hierauf beide Flächen einer Glastafel mit Silberfolie, jedoch so, dass die Ränder der Tafel auf die beiläufige Breite eines Zolles unbelegt blieben. Die Ladungen dieser Tafel erwiesen sich von gleicher Stärke wie jene einer Flasche, die einen halben Schoppen Wasser enthielt. Schliesslich belegte Dr. Watson eine Flasche sowohl an ihrer inneren als auch äusseren Fläche mit Silberfolie, und diese Gestalt besitzt sie noch heute.

Bevis' Versuch ist leicht zu machen. Nehmen Sie eine Glastafel von 9 Zoll im Gevierte; belegen Sie beide Flächen derselben mit aus Stanniol geschnittenen Quadraten von 7 Zoll Seitenlänge, so dass ringsherum ein freier zollbreiter Rand bleibt. Setzen Sie die eine Fläche mit dem Conductor und die entgegengesetzte mit der Erde in Verbindung. Laden Sie hierauf die Tafel, und Sie werden bei deren Entladung einen glänzenden Funken erhalten.

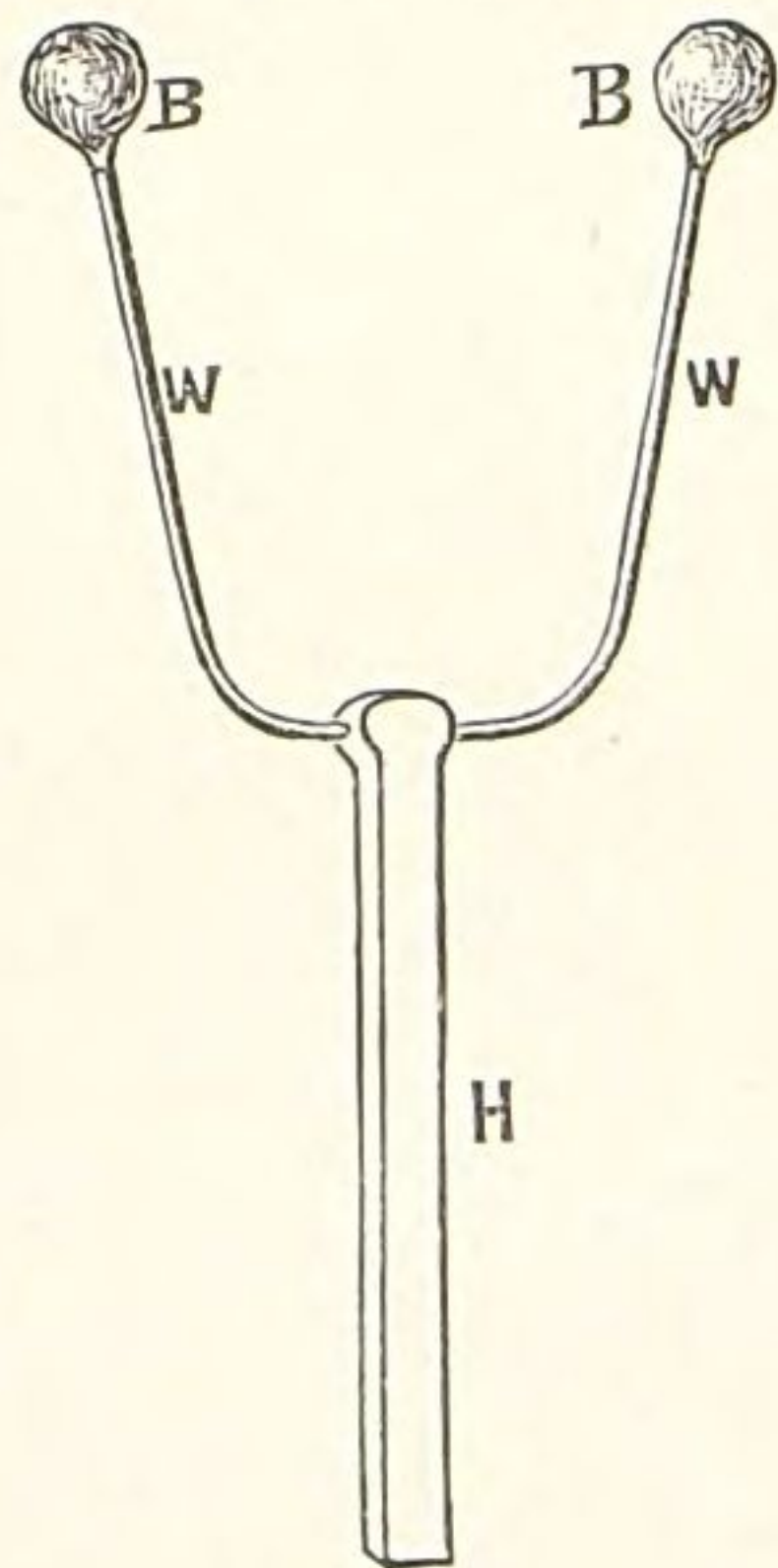
Bei unserem früheren Experimente mit dem Goldfische (Fig. 33) bedienten wir uns einer gewöhnlichen Leydnerflasche; nur beobachteten wir hierbei die Vorsicht, den Knopf weiter als gewöhnlich aus derselben herausragen zu lassen, damit nicht statt des Knopfes allein auch die Flasche selbst eine Anziehung auf den Goldfisch auszuüben vermöge, was der Fall wäre, wenn sie sich demselben zu sehr nähern würde. Aus einem gewöhnlichen Trinkglase, einem Blatte Stanniol und einem dicken Drahte können Sie sich jedoch leicht eine Flasche construiren, die den nöthigen Dienst leisten wird. Hierbei mache ich Sie jedoch abermals auf den Umstand auf-

merksam, dass aus hierzu untauglichem Materiale gefertigte Trinkgläser ziemlich häufig vorkommen.*)

Fig. 35.



Fig. 36.



In Fig. 35 sehen Sie eine solche Flasche dargestellt.

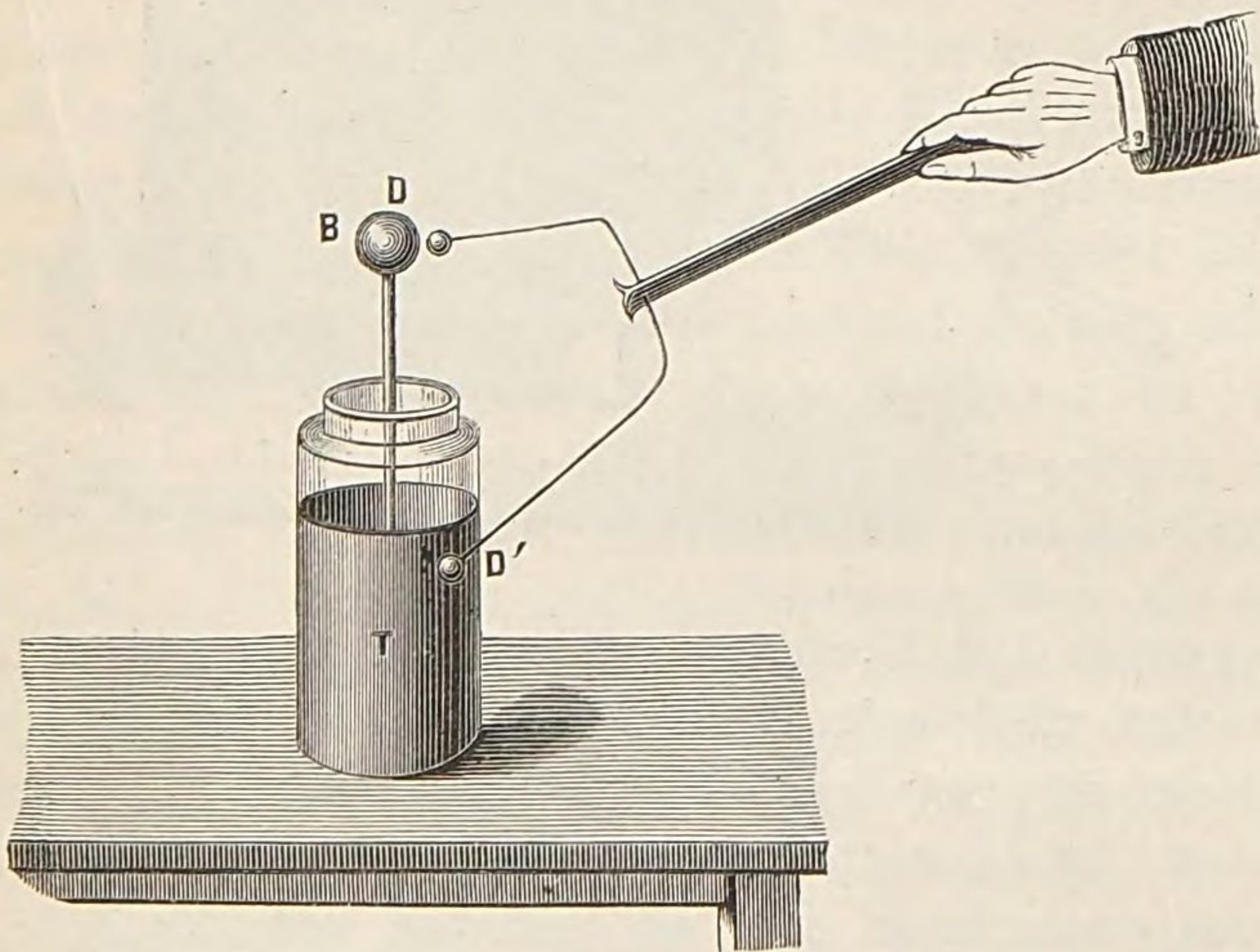
T ist die äussere, T' die innere Belegung des Glases; welche Belegungen bis zu ungefähr einem Zolle unterhalb des Glasrandes reichen. Der an seinem oberen Ende mit einem metallenen oder einem mit Stanniol überzogenen hölzernen oder wächsernen Knopfe versehene dicke Draht W wird mittelst Wachs an den Boden des Glases befestigt. Will man die Flasche laden, so verbindet man deren äussere Belegung mit der Erde und hält den Knopf an den Conductor der Maschine; wenige Umdrehungen letzterer genügen dazu. Die Entladung geschieht dadurch, dass man den einen Knopf des »Entladers« an die äussere Belegung hält und den anderen dem Knopfe der Flasche nähert. Sie gibt sich durch Ueberspringen eines Funkens von letzterem auf den genäherten Knopf des Entladers kund. Ein solcher,

unseren Mitteln und Zwecken entsprechender »Entlader«

*) Bei Vorbereitung dieser Vorlesungen construirten wir mehrere solche Flaschen, welche sich nicht laden liessen, da ihr Glas kein vollständiger Isolator war. Letztere Eigenschaft konnte man daraus ersehen, dass ein geladenes Elektroskop sich durch dieselben entladen liess.

ist in Fig. 36 dargestellt. *H* ist eine Siegelwachs-, oder noch besser eine Ebonitstange; *WW* ein gebogener starker Draht, dessen Enden mit Kügelchen versehen sind, die ganz wohl aus mit Stanniol belegtem Wachs oder einem anderen Leiter von geringem Gewichte angefertigt zu werden vermögen. Die isolirende Natur der

Fig. 37.

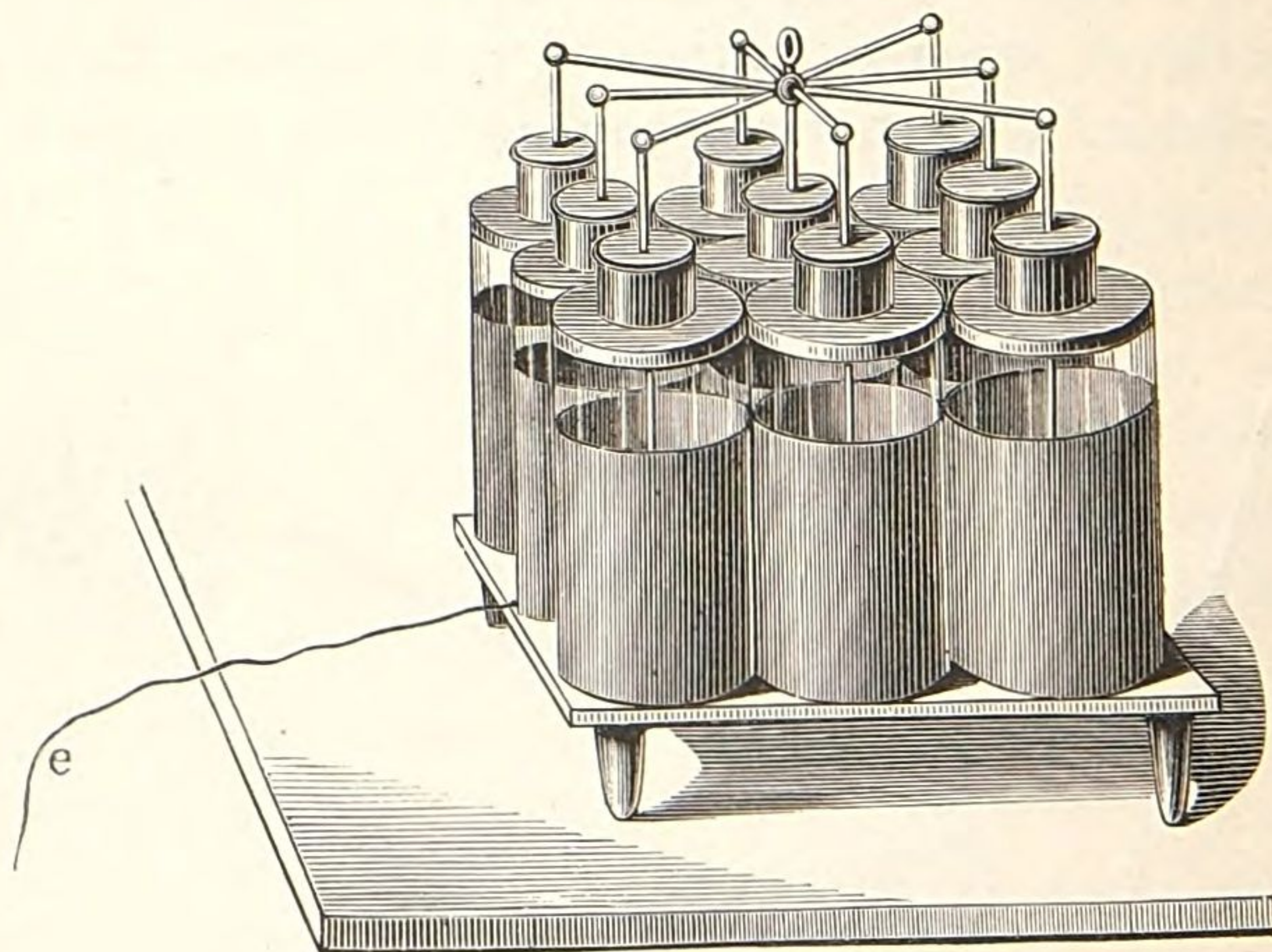


Handhabe schützt Sie vor dem Schlage. Sie müssen nun Ihren Entlader handhaben lernen. Fig. 37 stellt die Anwendung desselben dar.

Vergrößerung der Leydnerflasche macht sie zur Aufnahme einer grösseren Ladung geeignet. Wird eine Ladung solcher Stärke beabsichtigt, dass Eine Flasche sie nicht aufzunehmen im Stande ist, so verwendet man

dazu eine Anzahl solcher Flaschen, wie dies aus Fig. 38 ersichtlich ist, wo neun Flaschen miteinander verbunden

Fig. 38.



dargestellt sind. Die inneren Belegungen aller sind mittelst Drähten miteinander verbunden, während ihre äusseren mittelst der metallenen Platte, auf welcher die Flaschen stehen, im Contacte miteinander stehen, welche Platte durch einen Draht oder ein Kettchen mit der Erde in Verbindung gebracht ist.

Eine solche Vereinigung mehrerer Flaschen wird eine »Leydnerbatterie« genannt, deren Wirkung in vorliegendem Falle jener gleich ist, welche eine einzige Flasche von neunfacher Grösse ausgeübt haben würde.

XX.

Erklärung der Action einer Leydnerflasche.

Vermittelst der erlangten Kenntniss der Inductions-Erscheinungen sind Sie nun im Stande, die Action der Leydnerflasche vollständig zu begreifen. Das Laden einer solchen setzt voraus, dass ihre äussere Belegung mit der Erde und ihre innere mit der Elektrisirmaschine in Verbindung gebracht worden sei. Wenden wir eine Maschine an, deren Scheibe, wie solches nun allgemein üblich, aus Glas angefertigt ist, wodurch positive Elektricität wachgerufen wird. Wird diese positive Elektricität der inneren Belegung der Flasche zugeführt, so wirkt dieselbe durch die Glaswand inductiv auf deren äussere Belegung, indem sie die negative Elektricität dieser Belegung an sich zieht und gebunden hält, und deren positive durch Abstossung der Erde zuführt. An den beiden Glasoberflächen befinden sich sodann zwei Elektricitätsschichten, die eine gegenseitige Anziehung auf einander ausüben und durch die Glaswand von einander getrennt sind. Ist die Maschine sehr kräftig und das Glas der Flasche sehr dünn, so verursacht die Stärke der gegenseitigen Attraction nicht selten eine Durchbrechung der Glaswand. Das Anlegen des Entladers an die Flasche bewirkt die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten in Gestalt eines Funkens.

Franklin verdanken wir die Beobachtung und Erklärung des Entweichens der abgestossenen Elektricität der äusseren Belegung zur Erde. Er stellte gleichzeitig den Satz auf, dass, wie gross auch immer die Menge des »elektrischen Feuers« sei, das man dem Innern der

Flasche zuführt, stets eine gleiche Menge Elektricität an deren Aussenseite dadurch frei wird. Wir wollen uns nun durch Experimente von der Wahrheit des Gesagten überzeugen.

Stellen Sie eine Leydnerflasche auf einen gewöhnlichen Tisch und verbinden Sie deren äussere Belegung mit einem Elektroskope. Sie werden beim Laden derselben nicht das geringste Auseinanderweichen der Goldblättchen bemerken können.

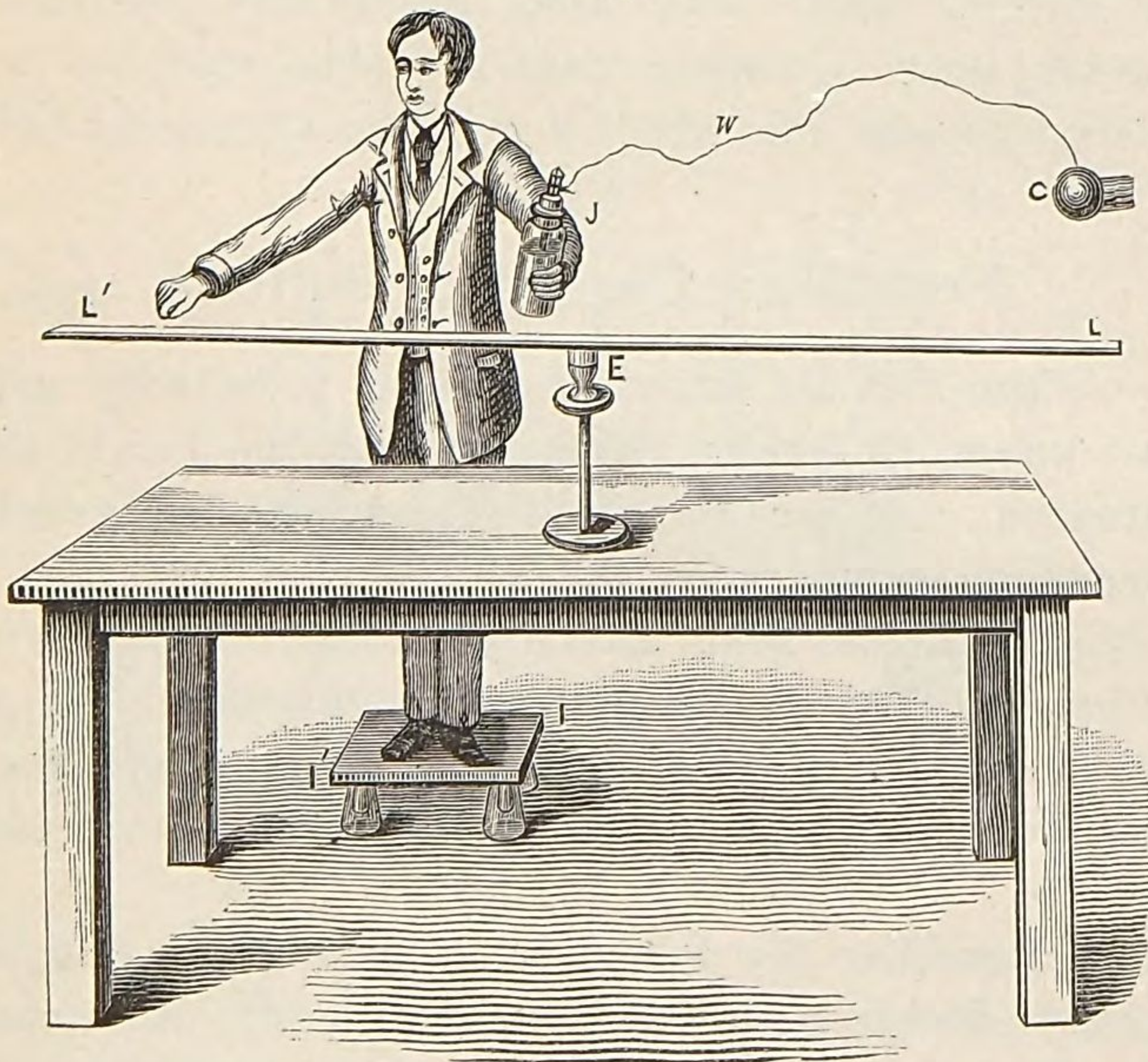
Der Grund dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Verbindung der Leydnerflasche mit der Erde durch den Tisch hergestellt ist. Unterbrechen Sie nun diese Verbindung dadurch, dass sie die Flasche auf den Isolirschmel oder auf eine Platte vulcanisirten Kautschuks stellen, und sie sodann abermals, wie früher, mit Ihrem Elektroskope verbinden. Im Momente, wo Elektricität dem Knopfe der Flasche mitgetheilt wird, werden die Goldblättchen voneinanderweichen. Heben Sie nun den Verbindungsdraht mittelst des Ausladers von der Flasche ab, und untersuchen Sie deren Elektricität im Elektroskope; — Sie werden dieselbe positiv finden, wie solches schon aus der Theorie hervorgeht.

Wenden Sie Ihre Gedanken auf Kleist's und Cuneus' Experiment (Fig. 34) zurück, so werden Sie dasselbe nun vollständig verstehen. In jenem Experimente war es die Hand, die die Rolle der äusseren Belegung spielte. Wurde dem in der Flasche befindlichen Wasser Elektricität durch den Nagel zugeführt, so äusserte dieselbe ihre inductive Wirkung durch das Glas auf die Hand, indem sie das eine Fluidum anzog und das andere zur Erde abstiess.

Ich kann nicht oft genug wiederholen: Unterziehen Sie Alles Ihrer eigenen Prüfung. Die Richtigkeit des soeben Erwähnten wird Ihnen noch überdies folgender Versuch bestätigen:

Stellen Sie sich auf den Isolirschmel $I I'$ (Fig. 39),

Fig. 39.



nehmen Sie die Leydnerflasche J in Ihre linke Hand und nähern Sie den Knöchel Ihrer Rechten der schwebenden Latte $L' L$. Sowie Elektrizität dem Knopfe der Flasche mitgetheilt wird, zieht Ihr Knöchel sofort die Latte an sich. Nähern Sie letzteren einem Elektroskope, so treibt die durch Ihren Körper demselben zuströmende positive Elektrizität die Blättchen auseinander.

Die Elektrisirung des Nagels oder Knopfes der Flasche kann sowohl durch Verbindung desselben mit dem Conductor einer Maschine, als durch Berührung mit einer erregten Glasröhre bewerkstelligt werden. Ich würde die letztere Operation als die einfachere vorziehen.

XXI.

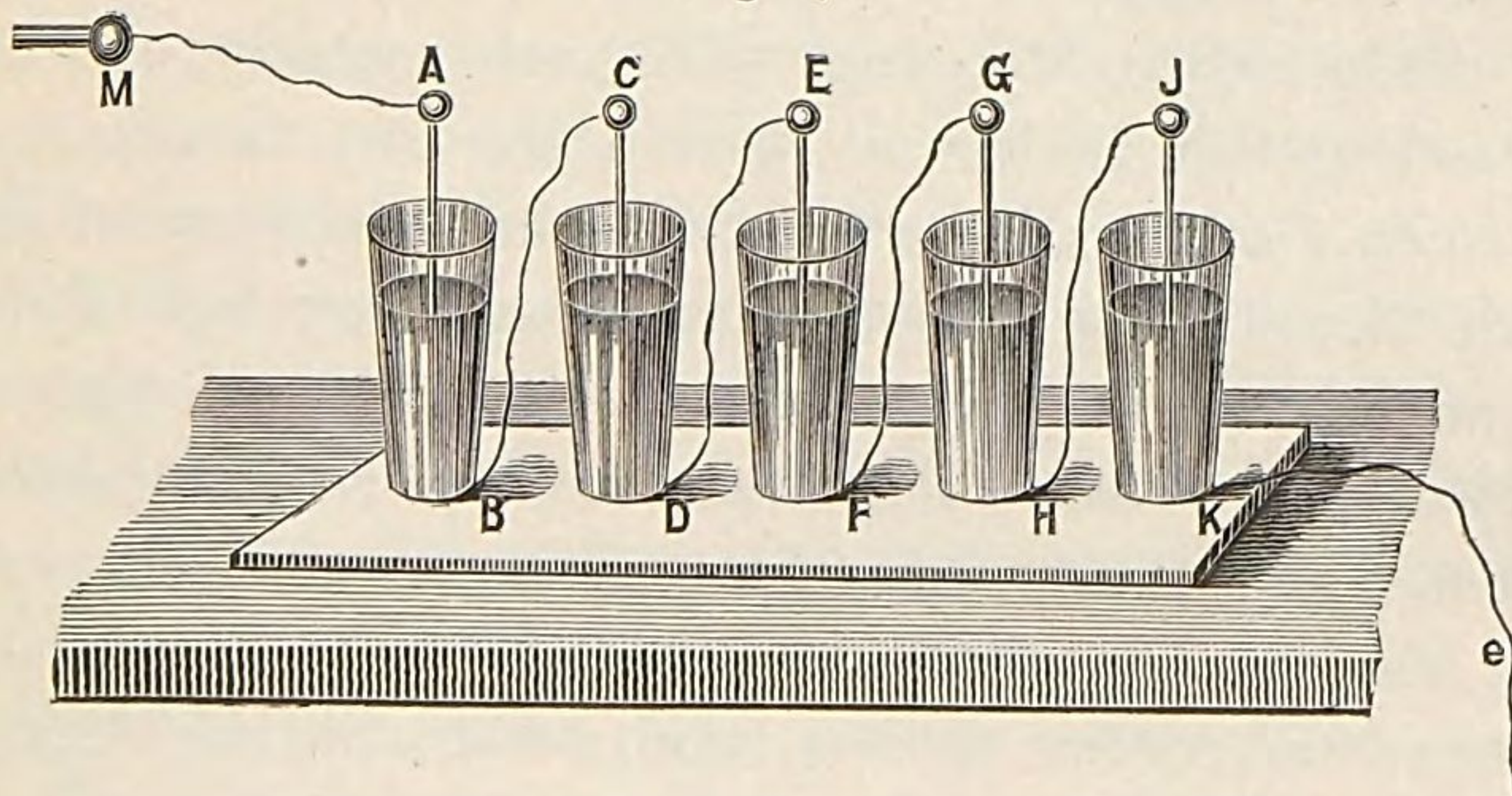
Franklin's Cascaden-Batterie.

Wenn Sie die Inductionsgesetze vollständig aufgefasst haben, so werden Sie selbst über die Leichtigkeit erstaunen, mit der Sie für die verschiedenen wunderbaren und complicirten Phänomene eine Erklärung zu finden im Stande sind. Durch jene Gesetze werden die zahlreichen Thatsachen zu einem organischen Ganzen verbunden. Wir haben jedoch im Bisherigen die fruchtbringenden Resultate derselben bei weitem noch nicht erschöpft.

Unterziehen Sie folgendes Problem Ihrer Aufmerksamkeit. Bisher gestatteten wir der an der Aussenseite einer Flasche befindlichen Elektricität stets die freie Abströmung zur Erde; nun wollen wir jedoch versuchen dieselbe auszubeuten. Stellen Sie eine Leydnerflasche *A B* (Fig. 40) auf eine lange Platte aus vulcanisirtem Kautschuk und verbinden Sie die äussere Belegung mit dem Knopfe einer zweiten, gleichfalls auf der Kautschukplatte stehenden Flasche *C D*. Was wird nun vor sich gehen, wenn die erste Flasche elektrisirt wird? Die zweite

Flasche wird sich offenbar mit der, von der äusseren Belegung der ersten entweichenden Elektricität laden. Ein Gleiches wird mit einer dritten Flasche *EF* stattfinden, wenn ihr Knopf mit der Aussenbelegung der zweiten in Verbindung gesetzt wird; ihre Ladung geschieht mittelst der aus jener äusseren Belegung entweichenden Elektricität. Auf diese Weise können wir eine beliebige Zahl Flaschen aufstellen, deren Aussenbelegungen stets mit den Knöpfen der nächstfolgenden

Fig. 40.



Flaschen verbunden sind. Stellen wir schliesslich den Contact der Aussenbelegung der letzten Flasche mit der Erde durch einen Draht her. Sowie nun die erste Flasche geladen wird, laden sich alle übrigen von selbst. Auf diese Weise bringen Sie Franklin's berühmte Cascaden-Batterie äusserst leicht zu Stande, und eignen sich gleichzeitig das volle Verständniss der dabei waltenden Gesetze an.

Bevor Sie diesen wichtigen Versuch zur praktischen Ausführung gebracht haben werden, dürften Sie bereits

im Stande gewesen sein, den ganzen Vorgang vorherzusagen. Dieser Vorausblick ist eines der bezeichnendsten Merkmale wahrer Wissenschaft.

XXII.

Einfachste Gestalt der Leydnerflasche.

Nachdem Sie nun dasjenige, was in der Leydnerflasche vor sich geht, verstehen gelernt haben, vermögen Sie die gleichen Vorgänge auf noch einfachere Weise vor sich gehen zu lassen. Breiten Sie ein Blatt Stanniol auf einen Tisch aus, bedecken Sie dasselbe mit einer früher durch Erwärmung getrockneten Glasplatte, und heften Sie an letztere mit Siegelwachs zwei seidene Schlingen, mittelst deren die Glasplatte in die Höhe gehoben werden kann. Breiten Sie hierauf ein zweites Stanniolblatt über die Glasplatte, jedoch so, dass die Ränder der letzteren unbedeckt bleiben, und stellen Sie die Verbindung dieses Stanniolblattes mit dem Elektroskope durch einen feinen Draht her, dessen eines, auf dem Stanniole liegendes Ende durch Auflegung eines Gewichtchens daselbst fixirt werden kann.

Berühren Sie nun dieses Gewichtchen mit einer erregten Glasröhre und wiederholen Sie die Berührung mehrmals, bis Sie ein geringes Auseinanderweichen der Goldblättchen bemerken. Das Gleiche können Sie auch durch behutsames Drehen einer Elektrisirmaschine erreichen, nachdem Sie eine Verbindung zwischen deren Conductor und dem Stanniole hergestellt haben. Was ist

hierbei vor sich gegangen? Sie luden das obere Stanniolblatt mit positiver Elektricität, welche inducirend durch das Glas auf das untere Blatt wirkte und dessen positive Elektricität gegen die Erde abstieß, während die negative in gebundenem Zustande zurückblieb. Mit Ihrem geistigen Auge erblicken Sie daher zwei übereinander befindliche elektrischen Schichten entgegengesetzter Art, die einander gebunden halten. Heben Sie nun die Glastafel mittelst der Schlingen in die Höhe; was wird dies zur Folge haben? Die hierdurch von den Banden befreite Elektricität des oberen Stanniolblattes wird sich dem Elektroskope mit solcher Vehemenz mittheilen, dass, wenn das Abheben gar zu rasch geschieht, dieses das Zerreißen der Goldblättchen nach sich zieht.

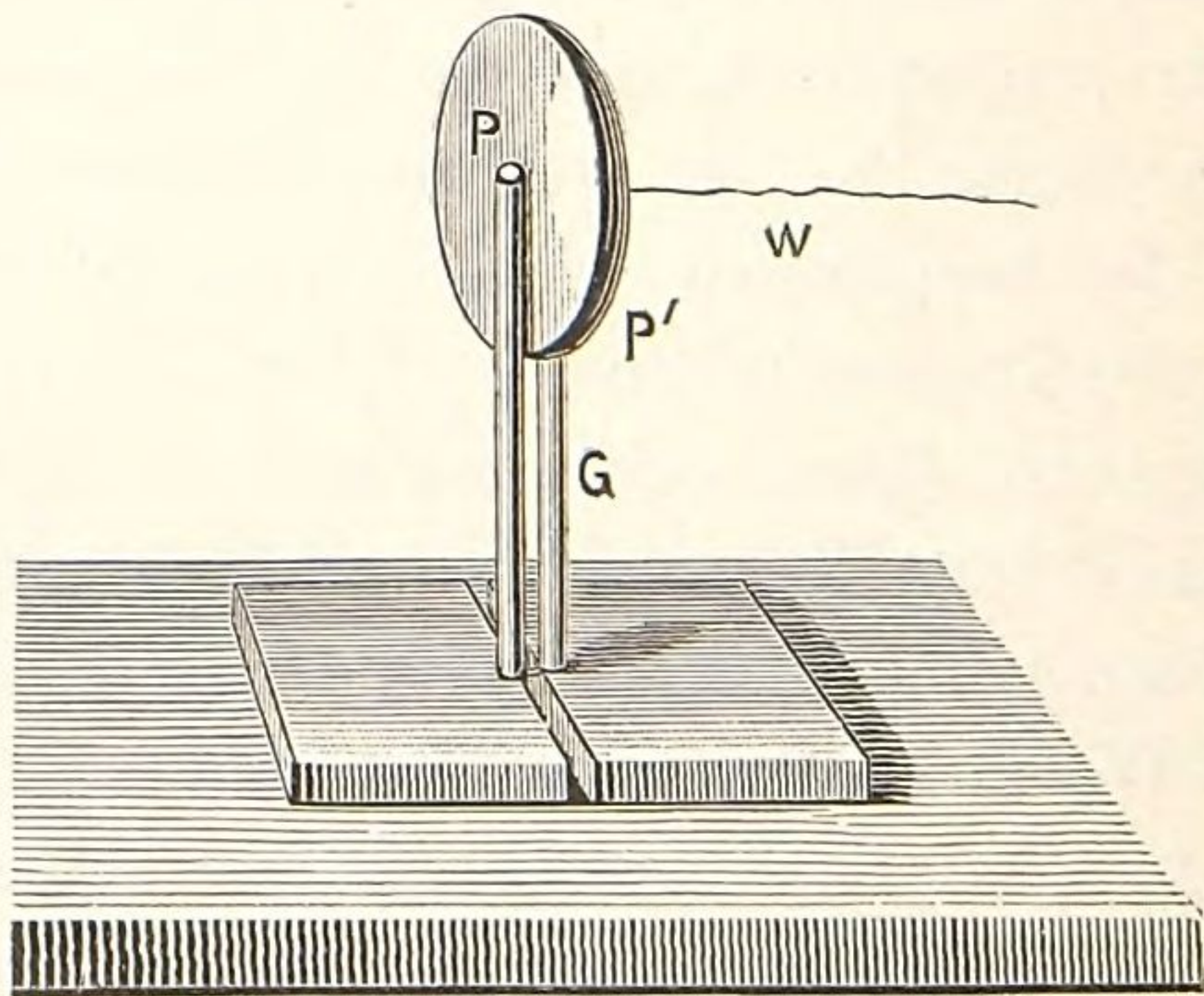
Wiederholen Sie dieses schon in frühester Zeit von mir erdachte Experiment, indem Sie die Glasplatte zu wiederholten Malen heben und niederlassen, und beobachten Sie die Promptheit, die sich dabei in den Bewegungen der Goldblättchen kundgibt.

Der Versuch lässt sich ebenso gut mittelst einer Weissblechtafel statt Stanniol und einer Platte aus vulcanisirtem Kautschuk statt einer Glastafel, oder in noch einfacherer Weise mittelst Substituierung gewöhnlichen ungetrockneten Schreibpapieres statt des Stanniols durchführen. Breiten Sie einen Bogen des letzteren auf den Tisch aus, legen Sie die Glastafel auf den Bogen, bedecken Sie diese mit einem Papierblatte kleineren Formates als jenes der Glastafel, und verbinden Sie dieses Papierblatt mit Ihrem Elektroskope auf die früher genannte Weise. So oft Sie die Glastafel mit dem auf ihr liegenden Papier abheben, fliegen die Goldblättchen auseinander;

beim jedesmaligen Niederstellen derselben fallen sie zusammen. Entfernen Sie nun das Stanniolblatt oder den Papierbogen, der die Unterlage für die Glastafel bildete, so wird der Tisch die Rolle der äusseren Belegung übernehmen; und falls das Holz, aus dem er verfertigt ist, nicht gar zu trocken oder die Tischplatte nicht mit einem isolirenden Firniss überstrichen ist, werden Sie die gleichen Resultate erhalten wie früher mit dem Stanniol oder dem Papierblatte. So lassen sich die wichtigsten Gesetze oft durch die einfachsten Vorkehrungen ermitteln.

Die durch das Niedersetzen der Glasplatte bewirkte Zurückziehung der Elektrizität aus dem Elektroskope,

Fig. 41.



wodurch das Fluidum der oberen Stanniolplatte abermals in den Bereich der Anziehung des in der unteren befindlichen gelangt, wird häufig mit dem Ausdrucke »Condensation« bezeichnet. Man macht sich hierbei ein Bild, wie wenn zwei Schichten heterogener elektrischer

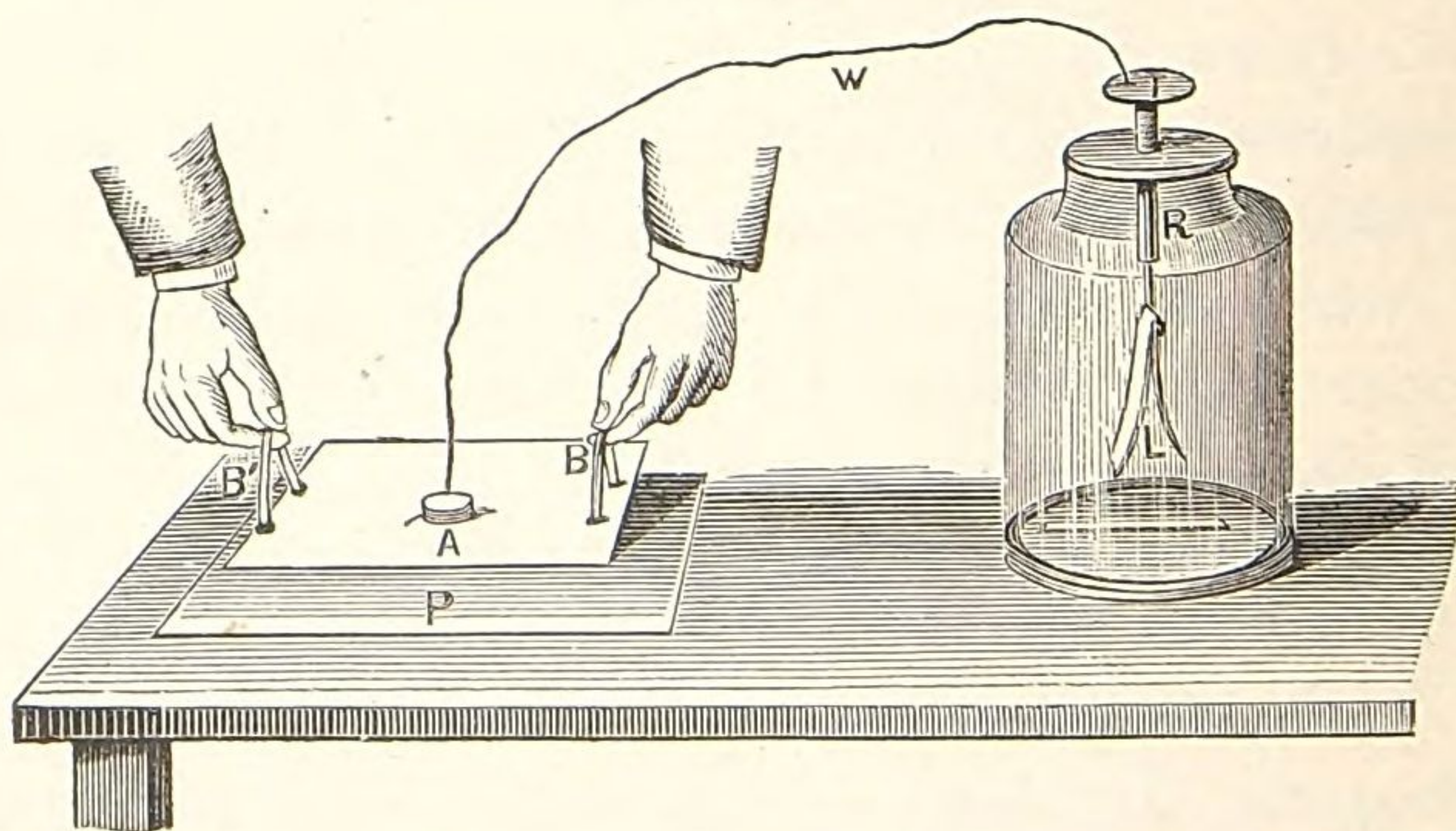
Fluida in Folge gegenseitiger Anziehung sich aneinander pressten und hierdurch verdichteten oder condensirten. Zur Darstellung dieser Action erfand man ein besonderes Instrument, den »Condensator«.

Ein solcher ist leicht zu verfertigen. Schneiden Sie aus Zinkblech oder Weissblech zwei gleiche Scheiben PP' (Fig. 41) und befestigen Sie die eine, P' , an das obere Ende einer Glas- oder Siegelwachsstange G , die andere P , an das einer Metallstange. Die isolirte Scheibe P' führt den Namen »Sammelplatte«; die nicht isolirte nennt man »Condensirplatte«. Verbinden Sie die Sammelplatte durch einen Draht W mit dem Elektroskope und nähern Sie derselben die Condensirplatte, so dass nur mehr eine ganz dünne Luftschicht die beiden von einander trennt. Laden Sie die Sammelplatte P' oder deren Verbindungsdraht W mittelst Ihrer erregten Glasröhre so lange, bis ein geringes Auseinanderweichen der Goldblättchen sich bemerkbar macht. Wenn Sie nun die Condensirplatte von der Sammelplatte entfernen, weichen die Blättchen sogleich auseinander; sowie Sie dieselbe ersterer wieder nähern, fallen sie wieder zusammen.

Zeigen Sie nun Ihr volles Verständniss der Vorgänge in der Leydnerflasche und Ihre Unabhängigkeit von den Verfertigern physikalischer Apparate dadurch, dass Sie sich selbst zu einer Leydnerflasche machen. Stellen Sie sich hierzu auf den Isolirschemel; nehmen Sie in eine Ihrer Hände ein vulcanisirtes Kautschukblatt und erfassen Sie mit derselben die Hand eines auf der Erde stehenden Gefährten, jedoch so, dass Ihre Hand durch das Kautschukblatt von der seinigen getrennt

bleibt. Legen Sie Ihre andere Hand auf den Conductor einer Maschine und lassen Sie letztere in Bewegung setzen. Sowohl Sie als Ihr Gefährte werden in den sich fassenden Händen ein Geknister und eine kitzelnde Empfindung während des Ladens wahrnehmen, welches von der durch das Kautschukblatt wirkenden gegenseitigen Attraction der beiden entgegengesetzten Electricitäten herrührt. Die menschliche Flasche ist sodann

Fig. 42.



geladen. Um dieselbe zu entladen, benöthigen Sie blos sich die beiden freien Hände zu reichen. Sie werden dabei einen Schlag empfinden und einen Funken überspringen sehen.

Durch die Entladung einer solchen menschlichen Leydnerflasche sind Sie im Stande Schiesspulver zu entzünden. Wir werden über diesen Gegenstand im XXV. Cap. weitersprechen.

XXIII.

Sitz der Ladung in der Leydnerflasche.

Schon Franklin trachtete sich Aufklärung über den eigentlichen Sitz der Ladung in der Leydnerflasche zu verschaffen. Er hielt die eine Hand an die äussere Belegung einer zur Hälfte mit Wasser gefüllten, geladenen Flasche, und erhielt einen Schlag, sobald er den Finger der anderen Hand in das Wasser zu tauchen versuchte. Dies bewog ihn, zu untersuchen, ob das Wasser der Träger der Ladung sei. Er goss dasselbe in eine andere Flasche über, fand jedoch bei dessen Untersuchung, dass es keine Spur von Elektrizität an sich trug.

Hieraus schloss er, »dass das elektrische Feuer entweder beim Umgiessen des Wassers verloren gegangen sei, oder dass es sich noch in der entleerten Flasche befinden müsse. Er fand nun auch in der That, dass letzteres der Fall war; denn als er das ausgegossene Wasser durch neues ersetzte, erhielt er abermals einen Schlag. Dies erweckte in ihm die Ueberzeugung, dass die den Schlag hervorbringende Kraft sich im Glase verberge.*)" (Berichte über Franklin's Entdeckungen finden wir in seinen, im Zeitraume von 1747 bis 1754 an Peter Collinson F. R. S. gerichteten Briefen.)

So weit der Hergang der Sache; nun handelt es sich für Sie, sich von den erwähnten Thatsachen durch Wiederholung der Versuche Franklin's zu überzeugen. Nehmen Sie ein weites Glasgefäss und füllen Sie es

*) Priestley's Geschichte der Elektrizität, 3. Aufl., S. 149.

zum Theile mit Wasser. Stellen Sie ein kleineres Glas in dasselbe und füllen Sie es gleichfalls mit Wasser gleichen Niveaus. Stellen Sie mittelst eines Drahtes die Verbindung des äusseren Wassers mit der Erde her und verbinden Sie durch einen Draht das Wasser des inneren Glases mit dem Conductor. Durch eine oder zwei Drehungen der Maschine erhalten Sie eine genügende Ladung. Entfernen Sie nun den inneren Draht und tauchen Sie den Finger der einen Hand in das äussere Wasser. Sobald Sie hierauf mit dem Finger der anderen das innere Wasser berühren, werden Sie einen Schlag erhalten. Dies war Franklin's erster Versuch.

Gehen wir auf dessen zweiten über. Umkleiden Sie eine Flasche, aber nicht gar zu hoch, mit Stanniol; befestigen Sie einen, an seinem oberen, hervorragenden Ende mit einem Knopfe versehenen starken Draht an dem Boden der Flasche, und nachdem Sie letztere bis zum Rande des äusseren Stanniols mit Wasser gefüllt haben, stellen Sie sie auf ein grosses Kautschukblatt und verbinden Sie die äussere Belegung mit der Erde.

Laden Sie sodann die Flasche mittelst einer Elektrisirmaschine. Wenn Sie bei der Entladung derselben einen glänzenden Funken erhalten, so beweist dies, dass der ganze Apparat sich in gutem Zustande befinde.

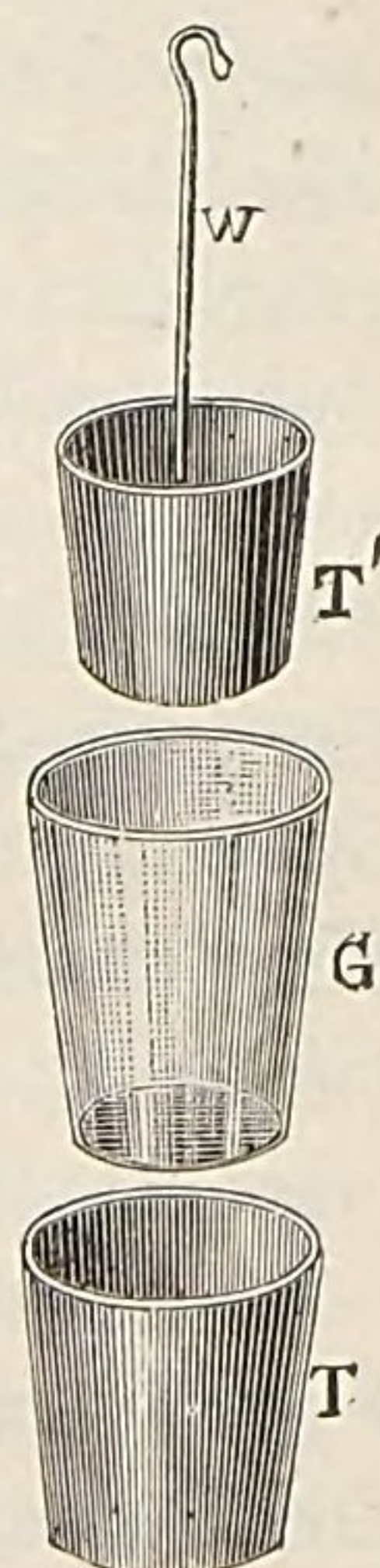
Laden Sie die Flasche abermals. Fassen Sie sie von Aussen mittelst des Kautschukblattes an und giessen Sie ihr Wasser in eine andere Flasche über, die hierdurch keine bemerkbare Ladung erhält. Füllen Sie hierauf die entleerte Flasche abermals mit unelektrisiertem Wasser und entladen Sie nun dieselbe. Der brillante Funke, der sich hierbei kundgeben wird, liefert den Beweis, dass trotz

des Wasserwechsels die volle Ladung in der Flasche zurückgeblieben ist. Führen Sie diesen Versuch mit grosser Behutsamkeit durch, sonst misslingt er Ihnen, wie er auch mir im Anfange mehrmals misslungen ist. Kleben Sie an die Aussenseite der Flasche und zwar unterhalb des Randes derselben, dort wo das Ausgiessen stattfindet, etwas Fliesspapier, um das Herabrinnen des letzten Wassertropfens an der Aussenseite der Flasche durch Aufsaugung desselben zu verhindern; welcher, wenn er die äussere Belegung erreichte, die sofortige Entladung der Flasche verursachen würde.

Heutzutage macht man die Versuche, die den gleichen Zweck wie jene Franklin's haben, mittelst trockener entfernbare Metallbelegungen. Hat man eine derartige zerlegbare Leydnerflasche geladen, so hebt man ihre innere Belegung aus und findet dieselbe unelektrisch. Hebt man hierauf das Glas aus seiner äusseren Belegung, so zeigt sich letztere gleichfalls unelektrisch. Setzt man die Flasche wieder zusammen, so erhält man bei der Entladung derselben einen glänzenden Funken.

Fertigen Sie sich eine solche zerlegbare Flasche in folgender Weise selbst an: wickeln Sie festes Packpapier um ein aus Flintglas gemachtes Trinkglas *G* (Fig. 43) und beschneiden Sie dessen oberen Rand so, dass derselbe etwa einen Zoll unterhalb des Glasrandes zu stehen kommt. Schneiden Sie sich hierauf eine Pappendeckelscheibe von der Grösse des äusseren Bodens des Glases, kleben Sie diese in den Papierbecher ein, dass sie dessen

Fig. 43.



Boden bildet, und belegen Sie den so gebildeten Becher *T* von Innen und Aussen mit Stanniol. Fertigen Sie auf gleiche Weise einen zweiten Becher von solchen Dimensionen, dass, wenn er in das Glas gestellt wird, sein Boden und seine Wände das Glas berühren, *T'*. Befestigen Sie nun an dessen Boden einen in einen Haken endigenden Draht *W*, und Ihre Leydnerflasche ist fertig.

Setzen Sie nun die drei Theile ineinander und laden Sie die Flasche. Heben Sie hierauf die innere Belegung aus, indem Sie ein Stängelchen von Glas, Siegelwachs oder Guttapercha in den Haken einführen. Die ausgehobene innere Belegung wird nur ein sehr kleines Quantum Elektricität mit sich geführt haben. Stellen Sie dieselbe auf den Tisch und entladen Sie sie vollständig. Heben Sie hierauf das Glas mit der Hand aus der äusseren Belegung. Letztere wird nicht das geringste Symptom elektrischer Erregung an sich tragen. Setzen Sie abermals das Glas in dieselbe und führen Sie sodann die innere Belegung mittelst des Glasstängelchens in das Glas wieder ein. Wenn Sie nun die Flasche entladen, so werden Sie einen brillanten Funken erhalten. Die diesen Funken erzeugende Elektricität musste sich somit im Glase oder an dessen Wänden befunden haben.

Wie in allen früher genannten Fällen können Sie auch im gegenwärtigen das Laden der Flasche mittelst einer geriebenen Glasröhre bewirken; eine Elektrisirmaschine gewährt nur den Vortheil, dass dasselbe rascher vor sich geht. Durch Anwendung des Cottrell-Reibzeuges, von welchem wir sogleich sprechen werden, vermögen Sie die Wirkung Ihrer Glasröhre bedeutend zu verstärken.

XXIV.

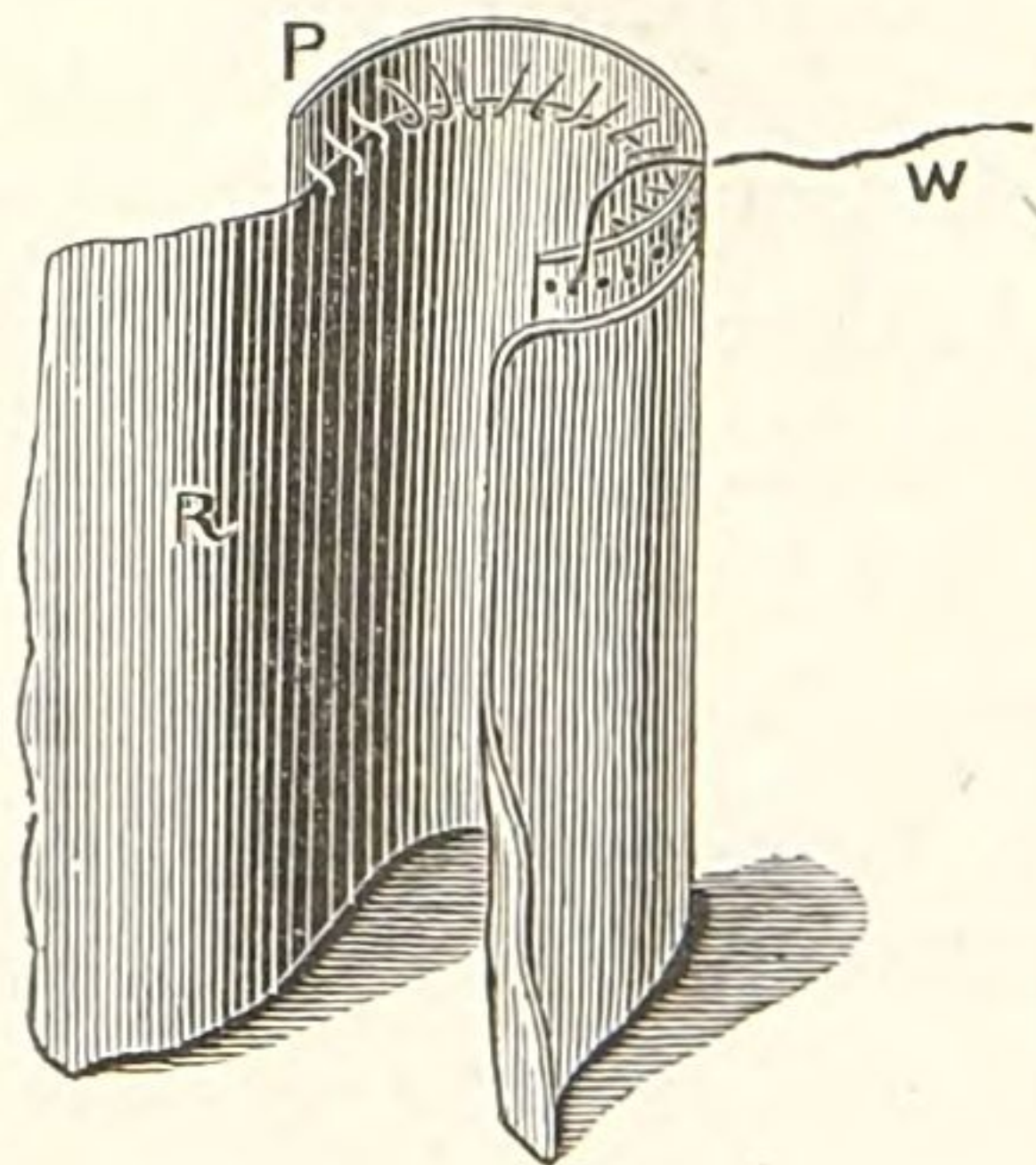
**Zündung durch den elektrischen Funken.
Cottrell-Reibzeug. Die Rohrmaschine.**

Vielerlei fruchtlose Versuche wurden seitens Nollet's und Anderer gemacht, brennbare Substanzen mittelst des elektrischen Funkens zu entzünden. Ludolf war der erste, dem dies gelang, und er brachte seinen Erfolg der Berliner Akademie der Wissenschaften zur Kenntniss, welche am 23. Januar 1744 durch Friedrich den Grossen eröffnet wurde. Er entzündete Schwefeläther mittelst des vom Degen eines der anwesenden Hofcavaliers erhaltenen Funkens.

Dr. Watson stellte gleichfalls eine Reihe solcher Zündungsversuche an. Er entzündete durch den Funken geladene Schiessgewehre, wie auch Schwefeläther, der sich in einem von einer elektrisirten Person in der Hand gehaltenen Löffel befand und sogleich in Brand gerieth, wenn eine andere nicht elektrisirte Person demselben ihren Finger näherte. Er bemerkte ferner, dass die Farbe der Funken je nach der Natur der Körper, zwischen denen sie übersprangen, eine verschiedene war. Sowohl diese als andere Experimente lassen sich mittelst einer Maschine durchführen, die an Einfachheit die gewöhnlichen bei weitem übertrifft. Dieselbe ward von Herrn Cottrell in folgender Weise hergestellt. Wie Sie gesehen haben, findet bei der gewöhnlichen Maschine die Ladung des Conductors mit positiver Elektricität dadurch statt, dass die negative Elektricität desselben durch die Spitzen gegen die Glasscheibe fortwährend ausströmt.

Vermittelst einer Glasröhre und eines Cottrell-Reibzeuges vermag das Gleiche bewirkt zu werden. Man näht einen

Fig. 44.



schmalen Streifen, *P*, dünnen Messing- oder Kupferbleches an den oberen Rand eines Seidenpauschens *R*, der das Reibzeug bildet. Durch den Blechstreifen schlägt man etwa zwanzig kleine Löcher, durch welche Stecknadelspitzen gesteckt und an den Streifen angelöthet werden. Wird das Reibzeug um die Glasröhre gelegt, so sollen die Spitzen dieselbe auf ihrer ganzen

Peripherie umgeben. Durch einen feinen Draht wird die Verbindung des Metallstreifens mit dem Knopfe einer Leydnerflasche hergestellt.

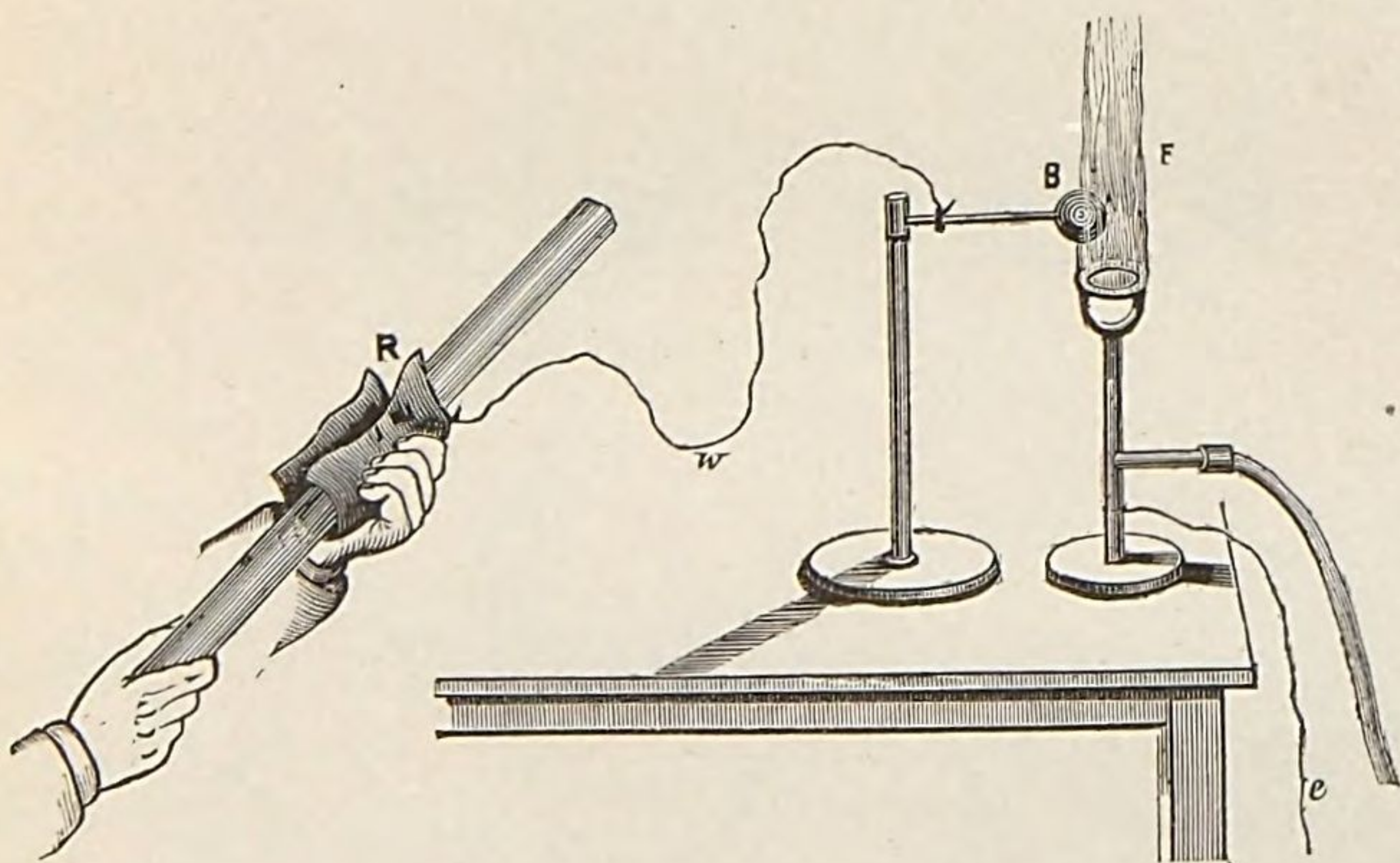
Das Reiben der Glasröhre mit einem derartigen Reibzeuge ruft eine äusserst starke Erregung in derselben hervor, indem sich hierbei die Spitzen über den ganzen geriebenen Theil der Röhre bewegen. Durch dieselbe strömt fortwährend negative Elektricität der Glasröhre zu, während die freiwerdende positive des Glases durch den Verbindungsdraht der Flasche zugeführt wird, welche dadurch äusserst schnell sich ladet.

Mit Hilfe des Cottrell-Reibzeuges lassen sich Gase mit Leichtigkeit entzünden. Bringt man einen isolirten Metallknopf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{8}$ Zoll oberhalb eines mit der Erde verbundenen Argand'schen Gasbrenners an, so sieht man bei jedem starken Striche der Röhre einen Funkenstrom von jenem Knopfe auf den Gasbrenner sich ergiessen,

durch welchen, sobald man den Gashahn öffnet, das Gas augenblicklich entzündet wird.

Ebenso entzündet man damit Schwefeläther, wenn dieser in einem erwärmten Löffel sich befindet. Derselbe

Fig. 45.



kühlt sich jedoch durch Verdampfung ungemein stark ab, wodurch seine Dampfentwicklung bald abnimmt und die Entzündung schwieriger vor sich geht. Wird statt des Aethers Schwefelkohlenstoff genommen, so entflammt derselbe bei jedem Striche des Reibzeuges*). Der elektrische Funke entzündet ferner ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff, das sich dabei mit Explosion zu Wasser verbindet.

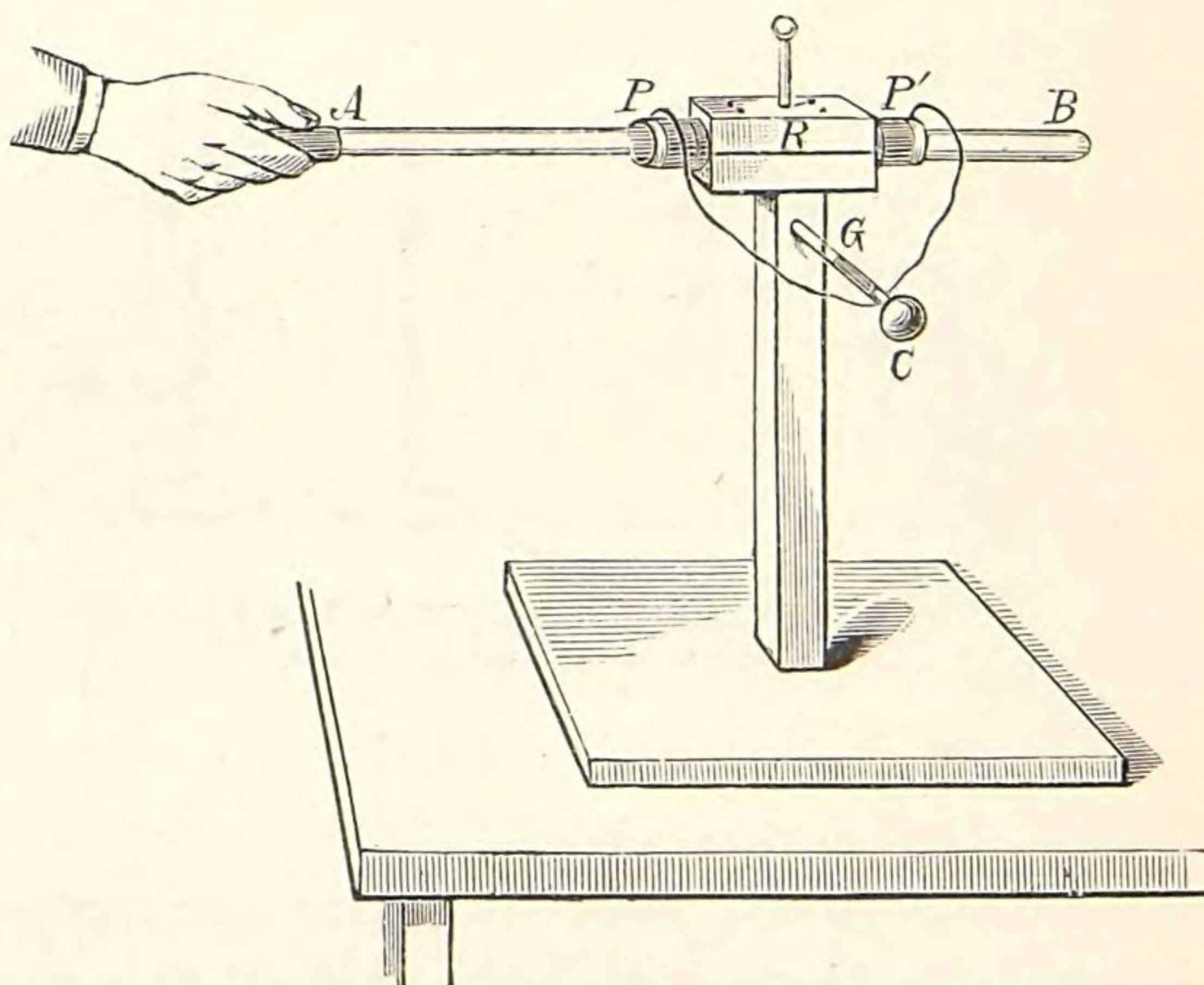
Herr Cottrell erdachte auch eine Vorrichtung, mittelst welcher sowohl bei der Vor- als Rückbewegung der Röhre gleich starke Reibung erzielt zu werden ver-

*) Den Gedanken, Schwefelkohlenstoff statt Aether zu verwenden, verdanke ich Herrn Dr. Debus.

mag: Eine solche Röhren-Elektrisirmaschine ist in Fig. 46 dargestellt.

AB ist die mit dem Reibzeuge R umfasste Glasröhre. PP' sind zwei mit Spitzen versehene Blechstreifen.

Fig. 46.



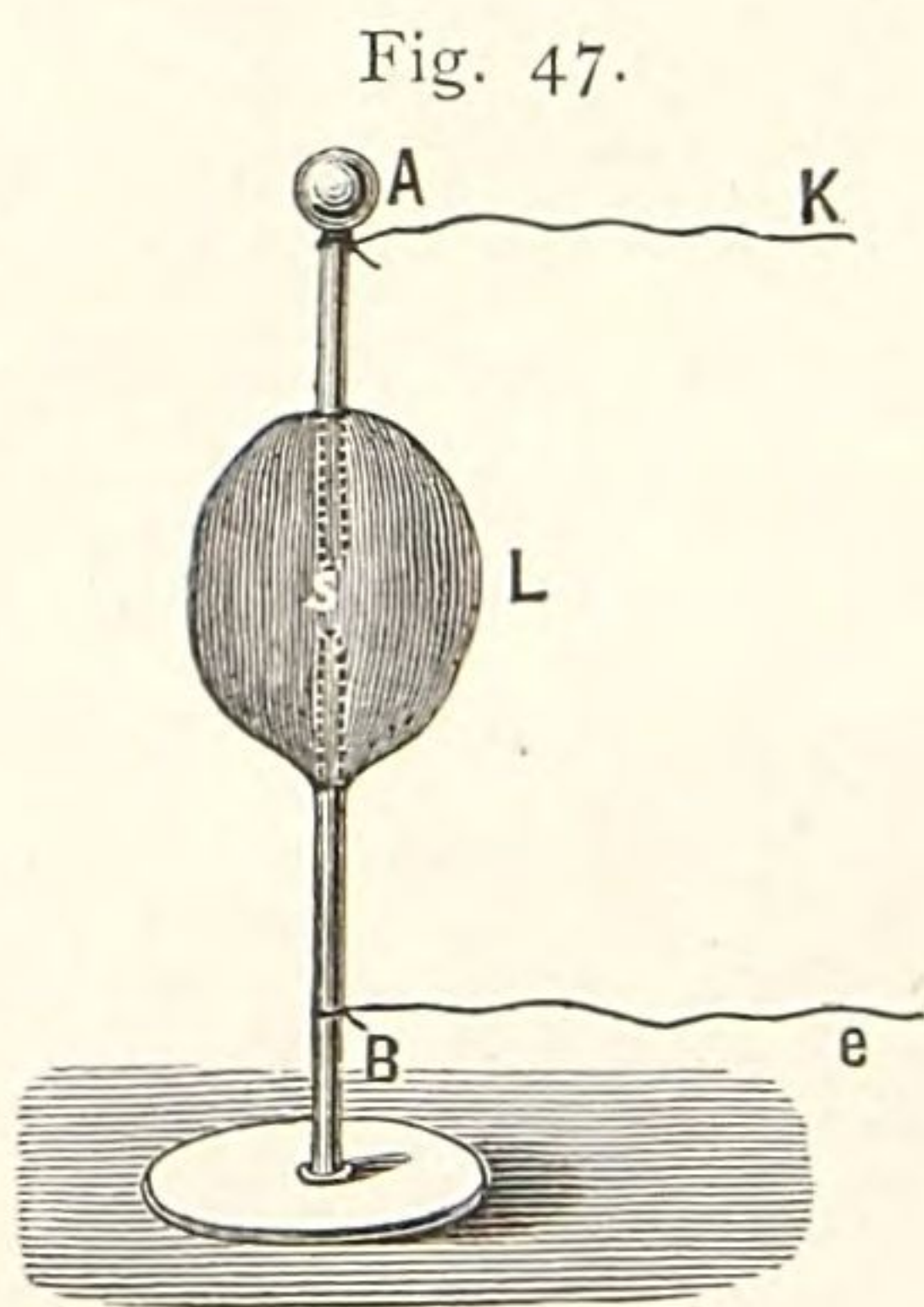
Beide Streifen sind durch Drähte mit dem isolirten Knopfe C verbunden. Die Isolirstange G kann wegbleiben, wenn die beiden Leitungsdrähte stark genug sind, den Knopf C frei zu tragen. Durch diesen Knopf vermag man Funken zu erhalten, eine Leydnerflasche zu laden, die elektrische Mühle zum Rotiren zu bringen, und mittelst an demselben befestigter Drähte die Entzündung brennbarer Substanzen zu bewerkstelligen. Meinem Erachten nach dürfte jedoch der Gebrauch des einfachen, in Fig. 44 dargestellten Reibzeuges empfehlenswerther sein.

»Nicht leicht«, sagte Riess, »dürfte es ein Experiment gegeben haben, das mehr zur Entwicklung der betreffenden Wissenschaft beitrug, als die Entzündung brennbarer Stoffe durch den elektrischen Funken.« Dieses Experiment erregte allgemeines Interesse und ward an den Höfen sämtlicher Monarchen producirt. Geldmittel wurden votirt zur weiteren Verfolgung elektrischer Studien. Später verbreitete sich sogar das Experiment im Volke. Nach Riess' Ansicht ist selbst die kurz darauf stattgefundene Entdeckung der Leydnerflasche diesem allgemein erregten Interesse zuzuschreiben.

Klingenstierna setzte König Friedrich von Schweden durch Entzündung eines Löffels voll Alkohol mittelst eines Stückes Eis in hohes Erstaunen. Bei Benützung des Cottrell-Reibzeuges gelingt dieser Versuch mit Leichtigkeit, wenn man Schwefelkohlenstoff statt Alkohol verwendet. Ich empfehle Ihnen sehr den Versuch selbst zu machen, um Ihre eigenen Erfahrungen dadurch zu bereichern. Bei jedem Striche des Reibzeuges wird ein in eine Spitze endigendes Stück Eis den Schwefelkohlenstoff in Flammen setzen.

Im Jahre 1785 versuchte Cadogan Morgan den Funken im Innern eines Holzstückes wirken zu lassen. Er liess zwei Drahtenden in das Holz ein, und liess die Funken von dem einen auf das andere überspringen. Das Holz erschien dabei blutroth oder gelb beleuchtet, je nachdem das Ueberspringen der Funken in grösserer oder geringerer Tiefe vor sich ging. Entladen sich die Funken einer Leydnerflasche im Innern einer Elfenbeinkugel, einer Apfelsine, eines Apfels oder unterhalb des Daumens einer Hand, so erscheinen alle diese Körper

beleuchtet. Besonders eignen sich Citronen zu diesem Versuche; bei jedem Funken zeigen sie sich als Sphäroide



glänzenden, goldgelben Lichtes. Man steckt zu diesem Zwecke die Citrone *L* an ein aufrechtes Metallstängelchen *B* (Fig. 47). Der Uebersprung des Funkens findet in *S*, zwischen den Enden der Stäbchen *A* und *B* statt.

Ebenso zeigt sich eine, in einer Glasröhre befindliche Reihe von Eiern beim Durchschlagen des Funkens einer Leydnerflasche prachtvoll beleuchtet.

XXV.

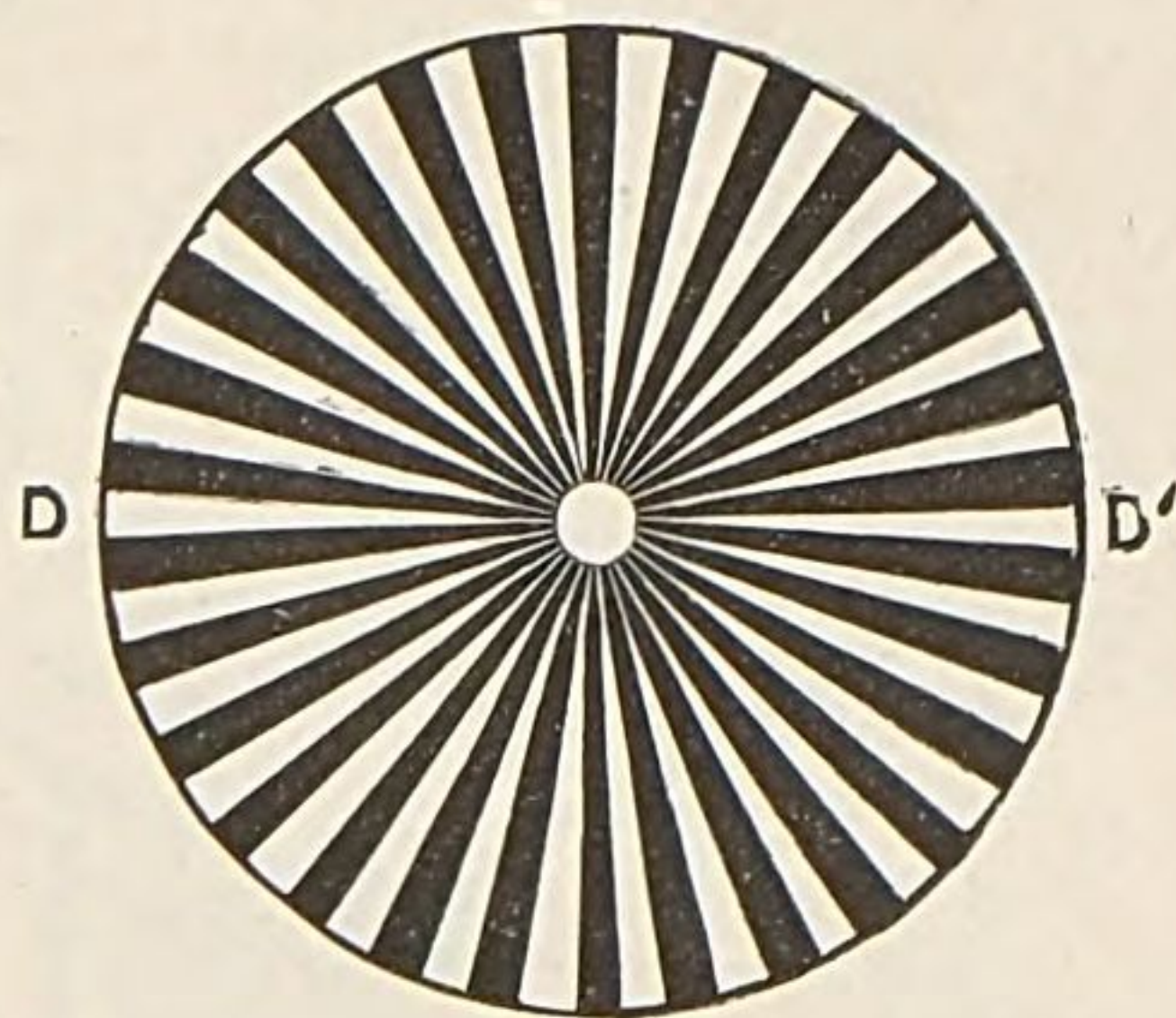
Dauer des elektrischen Funkens.

Die Dauer elektrischer Funken ist äusserst kurz. Nur in einem einzigen speciellen Falle fand sie Sir Charles Wheatstone von $\frac{1}{24000}$ einer Secunde. Dies ist jedoch ihr Maximum; in allen anderen Fällen betrug sie nur den millionten Theil einer Secunde,

Wird ein Körper instantan beleuchtet, so bleibt sein Bild $\frac{1}{5}$ Secunde hindurch auf der Retina des Auges zurück. Trifft daher einen, in rascher Bewegung befindlichen Körper ein instantaner Lichtstrahl, so erscheint er während des Fünftels einer Secunde bewegungs-

los an der Stelle zu verharren, an welcher er vom plötzlichen Lichtstrahl getroffen wurde. Würde eine im Fluge begriffene Flintenkugel von einem elektrischen Lichtstrahl getroffen, so würde sie uns als regungslos vorkommen. Wird eine in schwarze und weisse Felder getheilte Scheibe $D D'$ (Fig. 48) in so rasche Rotation versetzt, dass die Felder

Fig. 48.

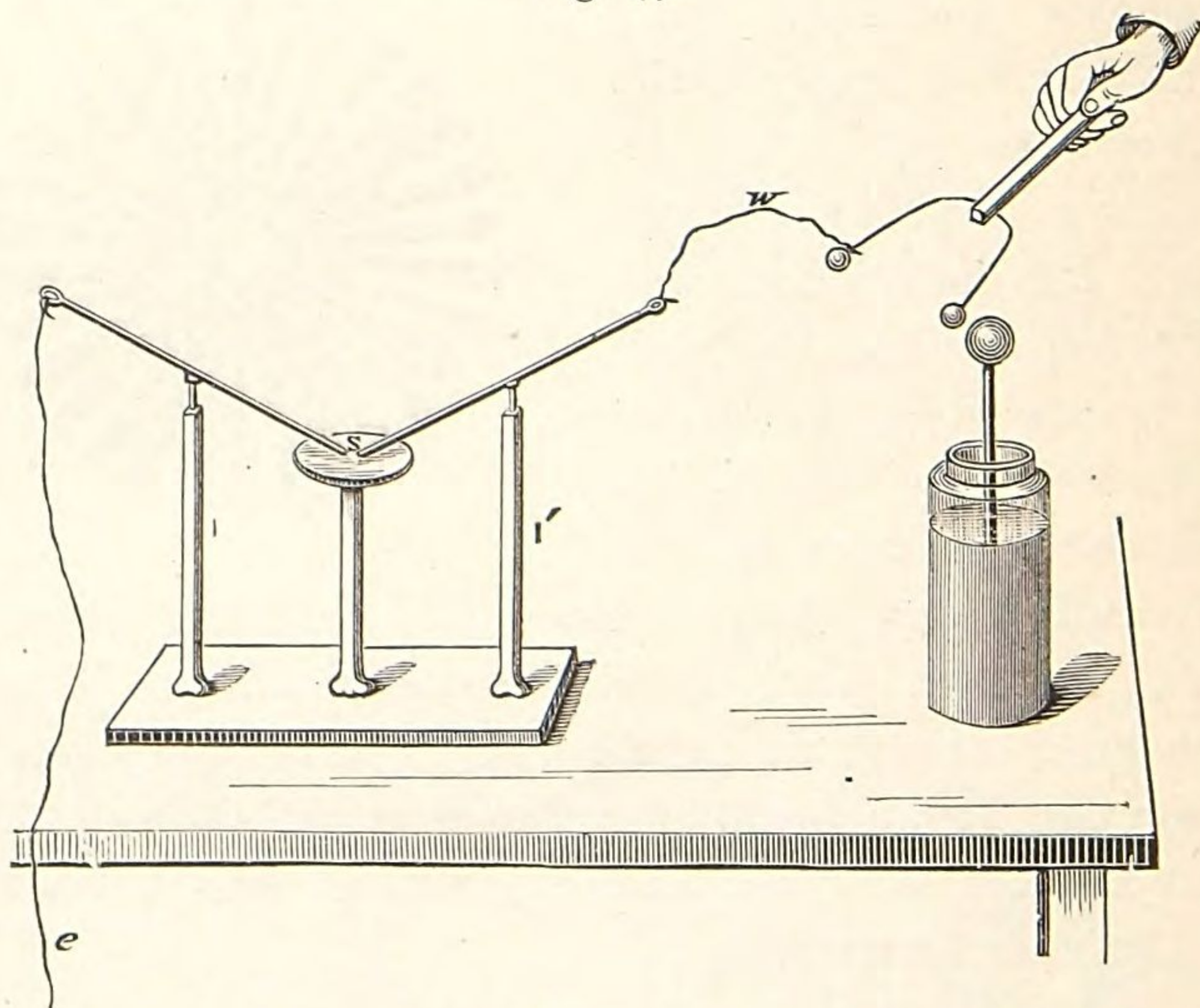


derselben ineinander verschwinden und dem Auge die Scheibe von grauer Farbe erscheint, so ruft deren Beleuchtung durch den Funken einer Leydnerflasche im Auge den gleichen Eindruck hervor, als wenn sie sich im Zustande voller Ruhe befände und jedes einzelne Feld sich deutlich dem Auge zeigte. Ein fallender Wasserstrahl, der dem Auge als ein ununterbrochener Körper erscheint, zeigt sich im Lichte eines elektrischen Funkens als ein Aggregat unendlich vieler einzelner Tropfen. Der Blitz entladet sich, wie Professor Dove dies nachwies, mit ähnlicher Schnelligkeit.

Durch lange Zeit war man nicht im Stande durch den elektrischen Funken Schiesspulver zu entzünden. Die Dauer des Funkens war hierzu zu kurz; dessen alleiniger Effect war der, das Pulver auseinander zu schleudern. Im Jahre 1787 schaltete Wolff in den Leitungsdraht, den die Elektricität zu durchlaufen hatte, ein an seinen inneren Wänden befeuchtetes Glasröhrchen ein, und dies hatte die Entzündung des Pulvers zur Folge. Die durch

den eingeschalteten unvollkommenen Leiter bewirkte Geschwindigkeits-Verminderung des Funkens war der Grund dieser Erscheinung. Schiesswolle, Phosphor und Feuerschwamm, welche der unretardirte Funke bloß zerreisst, ohne sie zu zünden, werden entzündet, wenn die Geschwindigkeit der Entladung durch Einschaltung einer mit Wasser gefüllten Glasröhre verzögert wird.

Fig. 49.

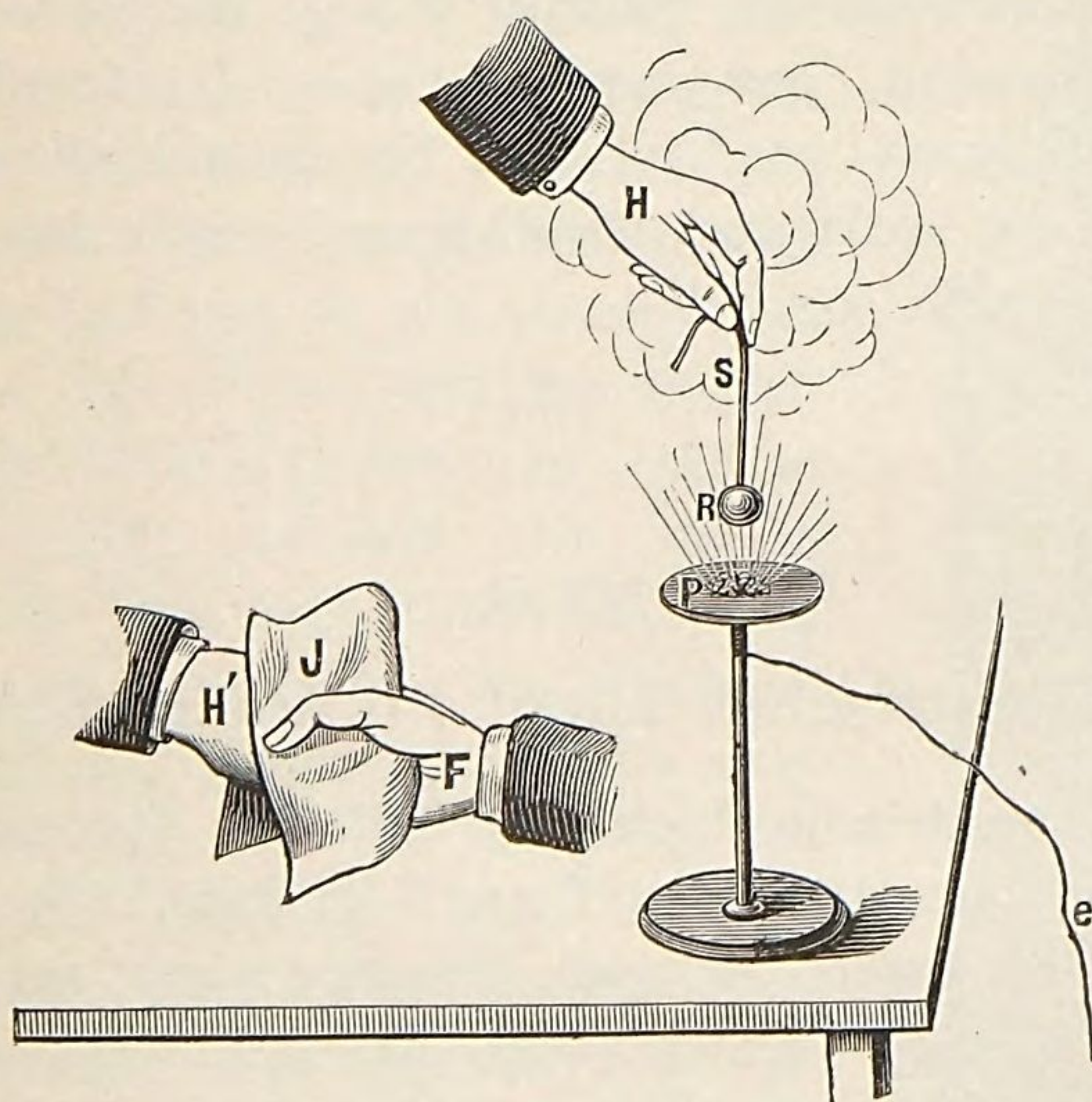


Beabsichtigt man Schiesspulver zu entzünden, so pflegt man gewöhnlich eine nasse Schnur in die Leitung einzuschalten.

Der zur Entzündung von Schiesspulver gewöhnlich benützte Apparat ist der »Universal-Entlader«. Wir können uns einen solchen mit Leichtigkeit auf folgende Weise anfertigen: i und i' (Fig. 49) sind isolirende

Säulen aus Glas oder Siegelwachs, welche zwei Metallstängelchen tragen, deren Enden sich auf dem centralen Plättchen *S* begegnen. Der eine Arm dieser Stängelchen ist durch einen Draht mit der Erde verbunden. Auf die, auf dem Plättchen *S* in geringer Entfernung von einander ruhenden Enden der beiden Stängelchen wird etwas Schiesspulver geschüttet. Entladet man die Leydner-

Fig. 50.



flasche ohne Einschaltung eines verzögernden Elementes so wird das Schiesspulver durch den Funken blos umhergeschleudert, ohne abzubrennen; schaltet man jedoch die nasse Schnur *w* in die Leitung ein, so erfolgt sofort die Entzündung desselben.

Ich habe nun mein Versprechen zu erfüllen, Ihnen die Entzündung von Schiesspulver mittelst der durch

den menschlichen Körper gebildeten Leydnerflasche zu zeigen. Fig. 50 stellt die hierzu erforderliche Anordnung dar.

HH' sind die Hände der auf dem Isolirschemel stehenden Person; F die Hand ihres nicht isolirten Gefährten; J das, die gegenseitig ergriffenen Hände von einander trennende Kautschukblatt. Die Bleikugel R hängt an einer nassen Schnur S . Auf dem kleinen, mit der Erde verbundenen Ständer P liegt das Pulver. Die Entladungsweise der »menschlichen Leydnerflasche« kennen Sie bereits aus Cap. XXII. Hat deren Ladung stattgefunden, so senkt man die Bleikugel gegen das Pulver, und es verpufft sogleich.

XXVI.

Elektrisches Licht im Vacuum.

Das elektrische Licht im luftleeren Raume ward zuerst im Jahre 1675 von Picard in Paris beobachtet. Als er ein Barometer vom Observatorium zur Porte St. Michel trug, bemerkte er im oberen Theile der Röhre eine Lichterscheinung. Sebastian und Cassini erblickten an anderen Barometern die gleiche Erscheinung. Jean Bernouilli rief solchen »Mercurial-Phosphorus«, wie er ihn nannte, durch Schütteln von Quecksilber in einer mittelst der Luftpumpe luftleer gemachten Röhre hervor. Dieselbe gelangte in die Hände Friedrichs des Ersten, Königs von Preussen, der ihn hierfür mit einer vierzig Dukaten schweren Medaille belohnte. Der grosse

Mathematiker verfasste ein Gedicht zur Ehre dieses Ereignisses.

Für die Erscheinung selbst vermochte er jedoch keine Erklärung zu finden; dies war Hawksbee beschieden, der im Jahre 1705 sich über den Gegenstand machte und diesbezüglich vor der »Royal Society« experimentirte. Auf den Teller einer Luftpumpe stellte er zwei Glasstürze und zwar einen in den anderen. Der äussere derselben war oben mit einem Loche versehen, in welches ein Trichter luftdicht eingeschliffen war, dessen Oeffnung er mit einem Holzstöpsel verschloss und ihn sodann mit Quecksilber füllte. Er pumpte hierauf die zwischen den beiden Stürzen befindliche Luft aus, zog den Holzpfropf aus der Trichteröffnung und gestattete dadurch dem Quecksilber, auf die Wölbung des inneren Glassturzes mit Gewalt hinabzuströmen, wobei sich ein Feuerregen zeigte. Ein nahestehender Beobachter wird diese Erscheinung gewiss schön finden.

Fig. 51.

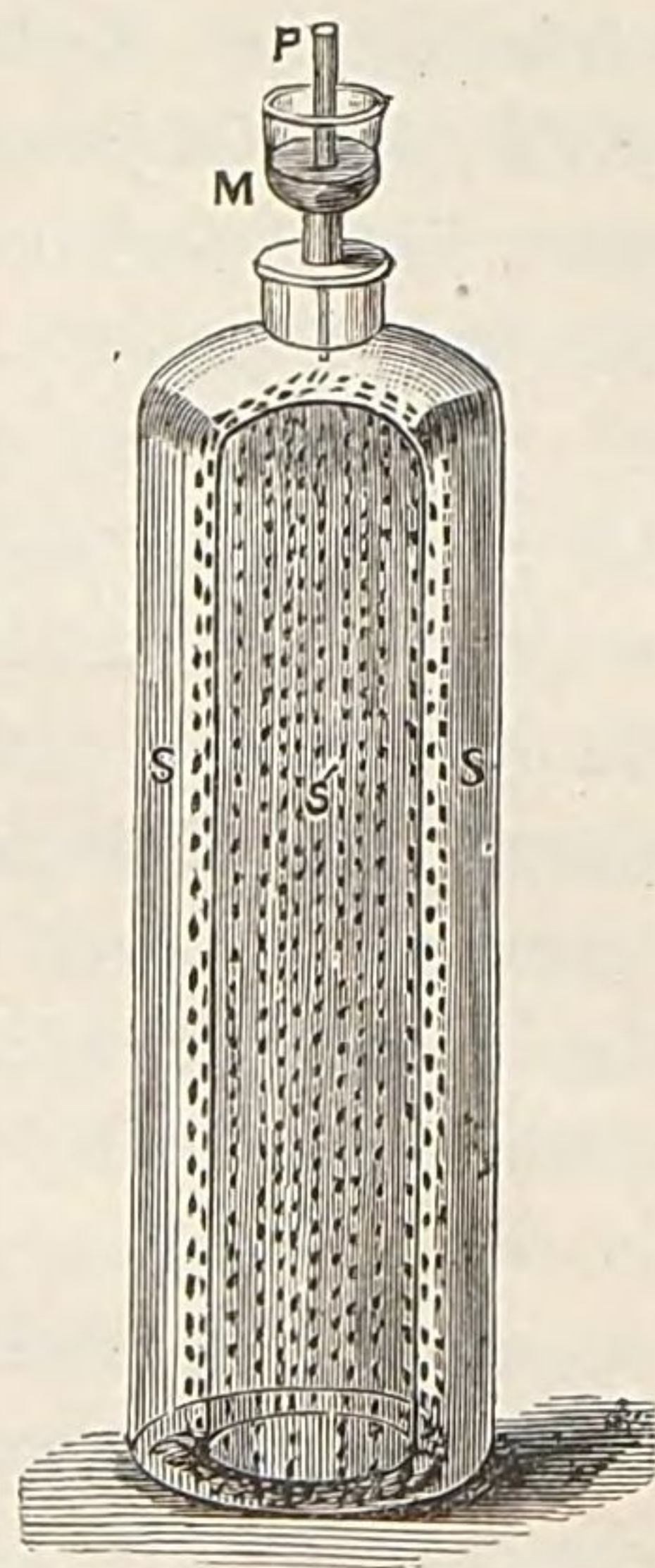


Fig. 51 ist eine Copie der eigenen Zeichnung Hawksbee's, durch die er sein Experiment illustrierte. *M* ist der mit Quecksilber gefüllte Trichter, *P* der hölzerne Pfropf, *S* die äussere und *S'* die innere Glasglocke. Eine, durch eine Zwinge gehaltene Kautschukröhre dürfte letzteren mit Vortheil ersetzen. Durch Nach-

lassen der Zwinge lässt sich die Ausströmung des Quecksilbers derart reguliren, dass das Maximum des Lichteffectes stattfindet. Auf diese Weise erhält man schöne Lichtstreifen; dieselben sind jedoch weniger unterbrochen, als sie sich Hawksbee zeigten.

Im Jahre 1706 erkannte Hawksbee die richtige Ursache der Erscheinung, nämlich die in äusserst verdünnter Luft zwischen dem Quecksilber und dem Glase stattfindende Reibung. Jean Bernouilli verspottete Hawksbee's Ansicht; die Wahrheit überlebt jedoch stets den Spott, und heute wird Jedermann Hawksbee Recht geben.

Er machte noch ein weiteres Experiment, bei welchem, wie solches später durch Riess bewiesen wurde, die Induction die Hauptrolle spielte. In einem dunklen Locale setzte er einen ausgepumpten Glasballon durch eine Maschine in schnelle Rotation. Hielt er während letzterer die Hand auf den Ballon, so erschien das Innere desselben beleuchtet. Durch die Reibung des Glases mit der Hand wurde positive Elektricität entwickelt, welche, inductiv auf das Glas wirkend, die negative Elektricität desselben heranzog, während die dadurch frei gewordene positive sich durch das Innere des Ballons mit Lichterscheinung ergoss. Letztere war so bedeutend, dass Hawksbee ein Buch dabei zu lesen vermochte.

Aus diesen Experimenten ging hervor, dass verdünnte Luft den Durchgang der Elektricität begünstige. Trockene Luft ist in der That ein Nichtleiter, welcher durchbrochen werden muss, um einen elektrischen Funken durchzulassen. In einer sechs Fuss langen, ausgepumpten

Glasröhre pflanzt sich eine Entladung mit grösster Leichtigkeit fort, die, falls sie in der Luft stattfände, nicht den fünfzigsten Theil jener Röhrenlänge zu überspringen im Stande gewesen wäre. Während jedoch die Entladung in der Luft in Gestalt eines glänzenden Funkens vor sich geht, zeigt sie sich, wenn sie im Vacuum stattfindet, als ein Strom diffusen Lichtes.

Hier dürfte die Bemerkung am Platze sein, dass bereits in einer sehr frühen Epoche ein Pole, Namens Grummert, dieses diffuse elektrische Licht als Mittel zur Beleuchtung von Kohlengruben vorschlug; — ein Gedanke, der in der Neuzeit abermals aufgegriffen wurde. Durch solches Licht vermag keine Entzündung der Grubengase stattzufinden, deren Explosion mit so entsetzlichen Folgen verbunden ist.

Priestley beschreibt in seiner »Geschichte der Elektrizität« das elektrische Licht im luftleeren Raume folgendermassen:

»Kittet man in das geschlossene, durchbohrte Ende eines langen Recipienten einen nicht zu sehr gespitzten Draht ein, setzt hierauf den Recipienten auf die Luftpumpe, pumpt die Luft aus demselben und verbindet den Knopf des Drahtes mit dem Conductor, so durchlaufen die Funken den Recipienten, wie lange derselbe auch immer sein mag, in Gestalt eines breiten Lichtstromes, welcher sich häufig in kleinere Ströme theilt, die beständig ihren Lauf verändern und in Folge fortwährender Wiedervereinigung und Zertheilung einen sehr gefälligen Anblick gewähren. Entladet man hingegen eine Leydnerflasche in dieses Vacuum, so erscheint die Elektrizität bei ihrem Durchgange durch dasselbe

als ein dichter Feuerstrahl, der in der Achse des Recipienten denselben seiner ganzen Länge nach durchschiesst, ohne dabei dessen Wände zu berühren.«

Cavendish nahm eine Barometerröhre, jedoch von etwas mehr als der doppelten Länge gewöhnlicher Barometerröhren, bog sie in ihrer Mitte hufeisenförmig ab, füllte sie mit Quecksilber und beobachtete den Durchgang der Elektricität in dem oberhalb der beiden Quecksilbersäulen befindlichen gekrümmten luftleeren Theile der Röhre. Es zeigte sich hierbei, dass es nicht das Vacuum sei, welches der Elektricität den Durchgang ermöglicht, sondern die äusserst verdünnte, mit etwas Wasserdampf geschwängerte Luft, welche sich in dem Raume oberhalb der beiden Quecksilbersäulen befindet. Wird die, im angewendeten Quecksilber enthaltene Luft und Feuchtigkeit durch vorheriges Kochen desselben vollständig ausgetrieben, so ist die Elektricität, wie solches durch Walsh, De Luc, Morgan und Davy nachgewiesen wurde, nicht im Stande, den oberhalb der Quecksilbersäulen befindlichen leeren Raum zu durchströmen. Dasselbe Experiment ward auch in Herrn Gassiot's Laboratorium durchgeführt, dem ich mich für Mittheilung vieler schöner Experimente sehr verpflichtet fühle. Professor Dewar wendete gleichfalls seine bekannte Geschicklichkeit im Experimentiren diesem Gegenstande zu.

Die Elektricität vermag sich somit in keinem vollkommen luftleeren Raume fortzupflanzen, sondern benötigt als Leiter eine wägbare Materie. Wird ein geladenes Goldblättchen-Elektroskop in einem mittelst einer guten Luftpumpe hergestellten Vacuum in bedeutende

Entfernung von Leitern gebracht, so verharrt dasselbe durch unabsehbare Zeit in geladenem Zustande.

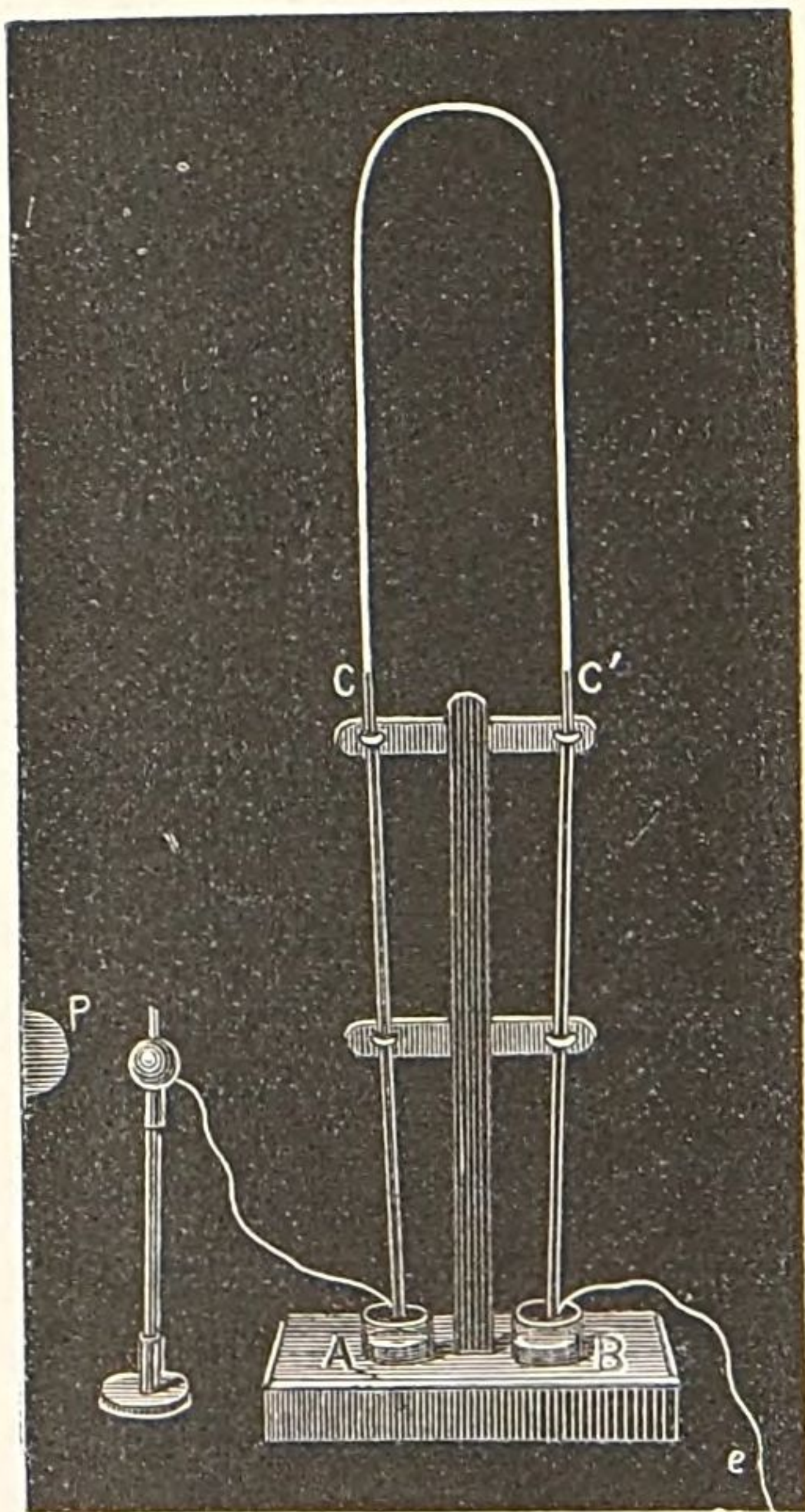
Die durch elektrische Ladung zum Leuchten gebrachte Materie unterliegt der Anziehung und Abstossung wie jeder andere erregte Körper. »Legt man«, sagt Priestley, »den Finger an den Aussenrand des Glases, so kann man mittelst desselben den leuchtenden Strom in allen beliebigen Richtungen herumführen. Ergreift man das Glasgefäss mit beiden Händen, so ruft jeder Funke eine der Pulsirung einer grossen Schlagader ähnliche Empfindung hervor, und das Feuer strömt den Händen zu. Man empfindet die Pulsirung sogar in einiger Entfernung vom Gefässe; und findet der Versuch in einem dunkeln Locale statt, so bemerkt man eine Lichterscheinung zwischen dem Glase und den Händen.

»All das Gesagte«, fährt der Geschichtschreiber der Elektrizität fort, »bezieht sich nur auf Ladung mit positiver Elektrizität; wird negative dazu verwendet, so geben sich andere Erscheinungen kund. Statt der früheren feurigen Ströme erblickt man dann einen gleichartigen, einer weissen Wolke oder der Milchstrasse bei lichtem Sternenhimmel ähnlichen Lichtschein. Selten erstreckt sich derselbe durch die ganze Länge des Glasgefässes; meistens gruppirt er sich blos um das Drahtende in Gestalt einer leuchtenden Kugel.«

Der ersteren der genannten Erscheinungen legte man den Namen »elektrische Büschel« bei; die letztere nennt man das »elektrische Glühen«. Beide Erscheinungen kommen auch in freier Luft vor. Das Glühen wird zuweilen an den Spitzen von Mastbäumen bemerkt, und die Alten behaupteten, dasselbe an den Lanzenspitzen

der Truppen erblickt zu haben. Es führt auch den Namen St. Ermo's oder Elmo's Feuer, eine Abkürzung des Namens Erasmus, des Schutzpatrones der Seeleute, welcher Heilige im Anfange des vierten Jahrhunderts in Gaeta den Märtyrertod erlitt.

Fig. 52.



Die Purpurfarbe des in verdünnter Luft erscheinenden Lichtes ward zuerst durch Hawksbee beobachtet. Die Farbe des Lichtes hängt von der Natur des verdünnten Gases ab, in welchem die Entladung stattfindet. War das Ueberbleibsel der Luft Sauerstoff, so zeigt sich das Licht weisslich; war es Wasserstoff, roth; war es Stickstoff, purpurfarben; gerade wie man dasselbe am Nordlicht wahrnimmt, dessen Färbung zweifelsohne von elektrischen Entladungen im verdünnten Stickstoff der Atmosphäre herrührt.

Elektrisches Licht im Vacuum lässt sich leicht durch

Reibung einer ausgepumpten Röhre mit einem amalgamirten Reibzeuge hervorrufen. Im Vacuum des Barometers entsteht es durch die Reibung des Quecksilbers. Die Entladungen in luftleeren Röhren, die viele Fuss lang sein können, gewähren einen schönen Anblick. Cavendish's Doppelbarometer gibt gleichfalls einen herrlichen

Lichtbogen, wenn mit starken Ladungen experimentirt wird. Für letzteren Versuch dürfte die in Fig. 52 dargestellte Anordnung die zweckmässigste sein: P ist der Conductor einer Elektrisirmaschine, i eine isolirte, durch einen Draht mit dem Quecksilbernäpfchen A verbundene Metallkugel. B ist ein gleiches, mit der Erde durch einen anderen Draht in Verbindung gesetztes Quecksilbernäpfchen; C und C' zeigen die Quecksilberhöhen in den Glasröhren an. Beim Drehen der Maschine fliegen Funken von P nach i über, und bei jedem Funkensprunge erscheint im oberen Theile der Röhre ein blendender Lichtbogen, der sich von C bis C' erstreckt. Bringt man die Kugel i dem Conductor P etwas näher, so folgen die Funken rascher aufeinander, verlieren jedoch dadurch an Stärke. Sind hingegen die Funken sehr kräftig, so erscheint bei jedem derselben ein Bogen von blendendem Glanze.*)

Es dürfte am gerathensten sein, die zu diesem Versuche erforderliche Glasröhre in fertigem Zustande bei Erzeugern physikalischer Instrumente zu kaufen.

XXVII.

Lichtenberg's Figuren.

Lichtenberg gab eine Methode an, die Weise der Vertheilung der Elektricität auf eine erregte Platte durch

*) Man thut wohl daran, den Zwischenraum Pi ziemlich entfernt von der Glasröhre anzubringen, damit das grelle Licht der Funken den Effect, welchen der Lichtbogen im Auge hervorruft, nicht zu beeinträchtigen im Stande sei.

Bestreuung letzterer mit fein gepulverten Substanzen zu ermitteln. Beutelt man Mennige durch ein Musselintuch, so wird dieselbe hierdurch positiv elektrisch; thut man ein Gleiches mit Schwefelblumen, so werden diese negativ. Peitscht man nun einen Harzkuchen mit dem Fuchschweife und zieht man hierauf den Knopf einer, mit positiver Elektricität geladenen Leydnerflasche über die Oberfläche des Kuchens hinweg, so wird hierdurch der Kuchen theilweise positiv, theilweise negativ geladen. Mengt man die beiden früher genannten Pulversorten gut zusammen und bestäubt man den Kuchen mit dem Gemenge, so entsteht dadurch, dass sich der Schwefel auf den positiven und die Mennige auf den negativen Theilen des Kuchens gruppirt, eine sehr schöne Zeichnung.

Dies Experiment Lichtenberg's gab Chladni den Impuls zu seinen wichtigen akustischen Untersuchungen. Chladni's Figuren sind die Nachkommen der Figuren Lichtenberg's.

XXVIII.

Verhältniss der Oberflächen zu den Massen. Vertheilung der Elektricität in hohlen Leitern.

Monnier wies nach, dass die Ladung eines Leiters von seiner Oberfläche und nicht von seiner Masse abhängig sei. Ein 200 Pfund schwerer Amboss gab einen schwächeren Funken, als ein 10 Pfund schweres Sprachrohr. Ein gleich starker Funke entsteht von einer massiven Bleikugel und einem, zu einem Reifen gebogenen dünnen

Blechstreifen, dessen Oberfläche jener der Bleikugel gleich ist. Schliesslich erhielt Monnier einen starken Funken von einem langen Blechstreifen, während der gleiche Streifen zusammengerollt nur einen schwachen Funken von sich gab.

Le Roy und D'Arcy zeigten, dass eine hohle Metallkugel, wenn sie leer war, die gleiche Ladung aufzunehmen vermochte, als wenn sie mit Quecksilber gefüllt wurde, wodurch ihr Gewicht auf das sechzigfache stieg. All dieses beweist den Einfluss der Oberfläche auf die elektrische Wirkung und die Unabhängigkeit derselben von der Masse der Körper.

Die Vertheilung der Elektricität zeigt sich am deutlichsten an hohlen Körpern. Theilen Sie dem Innern einer Zinnkanne successive Elektricitätsmengen mittelst Ihres Ueberträgers (Fig. 15) mit, und untersuchen Sie sodann den Zustand im Innern derselben mittelst des Elektroskopes. Sie werden keine Spur von Elektricität daselbst entdecken; wohl aber wird sich die mitgetheilte Elektricität an der Aussenseite des Gefässes kundgeben. Ein an Seidenschnüren aufgehängter Hut leistet ebenso gute Dienste wie das Zinngefäss.

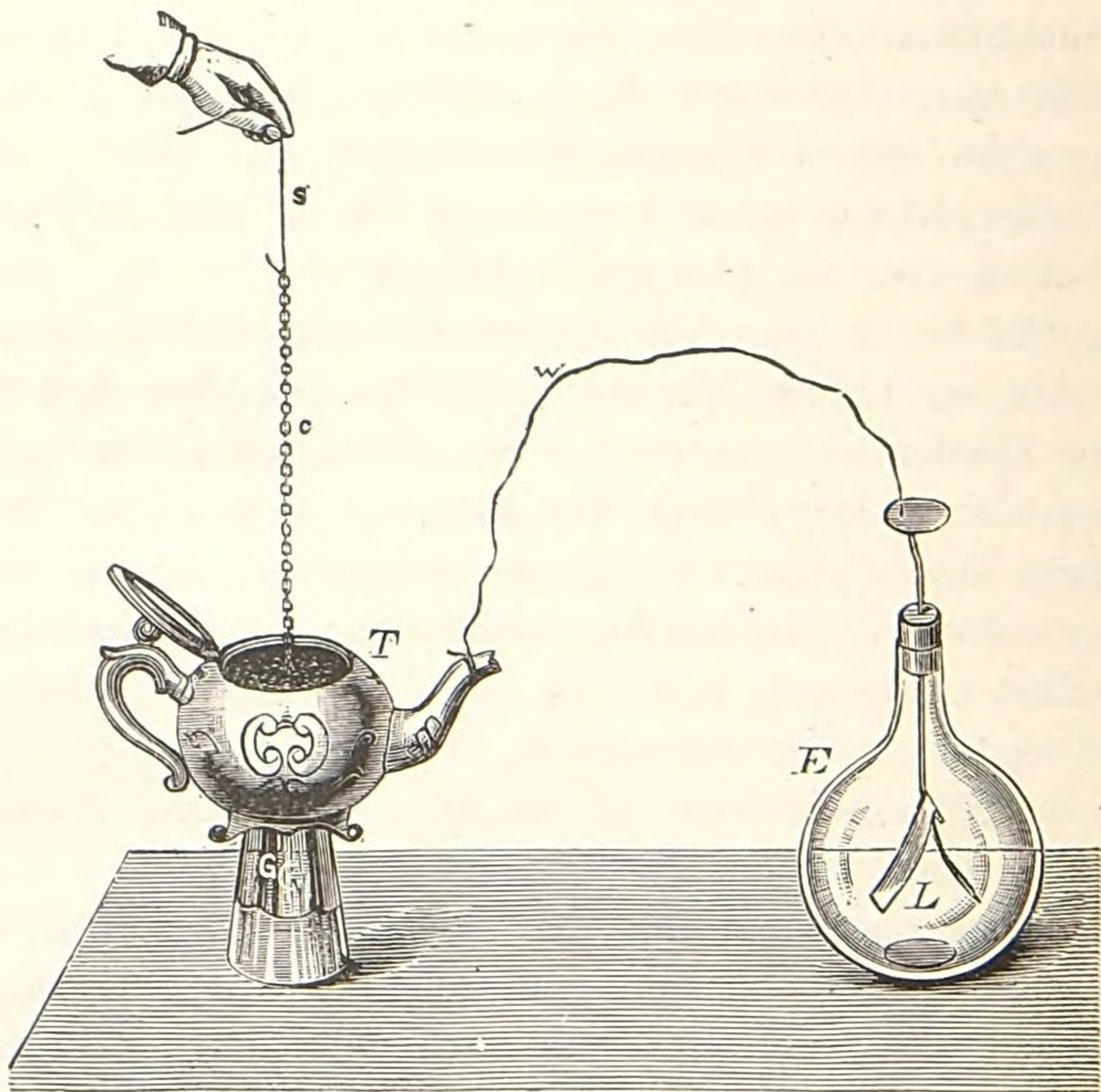
Das Experiment mit dem Hute ist sehr lehrreich. Derselbe vermag ebensowohl mittelst des Cottrell'schen Reibzeuges, als mittelst einer, nach gewöhnlicher Weise geriebenen Glasröhre geladen zu werden.

Beim Prüfen dieser Objecte seien Sie darauf bedacht, Ihre Elektricitätsproben, um sie von gehöriger Stärke zu erhalten, von den Rändern und Spitzen und nicht von den Flächen der Objecte zu nehmen. Beim Hute erhält man die Probe von grösster Dichte, wenn

man sie mittelst des Ueberträgers von dessen Krempe nimmt.

Die aufeinanderfolgenden Ladungen des Hutes lassen sich am besten durch eine, an einem Seidenfaden hängende Kugel bewerkstelligen. Sowie die geladene Kugel

Fig. 53.



das Innere des Hutes berührt, verliert sie sofort ihre eigene Elektrizität.

Franklin lud eine Theekanne dadurch, dass er eine erregte Kette in deren Inneres hinabsenkte. Die Berührung gab sich sogleich an einem mit der Kanne

mittelst eines Drahtes verbundenen Elektroskope zu erkennen. Hob er hierauf die Kette mittelst eines Seidenfadens empor, so fand er, dass die Elektricität sich über die Aussenseite der Theekanne verbreitet hatte, und die Kügelchen seines Elektroskopes dadurch, dass letzterem die Elektricität wieder entzogen wurde, zusammenfielen.

Im Fig. 53 ist *T* der Theetopf, *G* das ihn tragende Trinkglas, *w* der Verbindungsdraht mit dem Elektroskope. Der Effect ist zwar gering, doch stets sichtbar.

Im grössten Massstabe wurde der Versuch mit hohlen Leitern durch Faraday durchgeführt. Er begab sich persönlich in eine frei an Seidenschnüren hängende und aus Latten gebaute Kammer, deren Wände mit Papier und Drahtgaze überzogen waren. Er war trotz der grossen Empfindlichkeit seines Elektroskopes nicht im Stande, im Innern dieser Kammer auch nur die kleinste Spur von Elektricität wahrzunehmen, mochte die den Wänden derselben mitgetheilte Elektricität auch noch so stark gewesen sein.

XXIX.

Physiologische Wirkung elektrischer Entladungen.

Die physiologische Wirkung elektrischer Schläge wurde auf verschiedene Weise ermittelt. Graham liess eine grössere Anzahl Personen eine lange Metallplatte gleichzeitig anfassen, die mit der äusseren Belegung einer Leydnerflasche verbunden war; ein anderesmal

machte er den gleichen Versuch mit einer Metallstange, an welcher er die Flasche entlud. Bei beiden Versuchen fand eine gleiche Vertheilung der Schläge unter die Personen statt.

Abbé Nollet stellte eine Reihe von 180 Soldaten auf, wobei sich die Entladung durch sämmtliche fortpflanzte. Er tödtete gleichfalls Sperlinge und Fische durch Schläge. Die grosse, zwischen diesen Wirkungen und jenen des Blitzes bestehende Analogie zog die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich und regte zur Forschung an.

Mit der Erweiterung der experimentellen Kenntnisse gewannen auch die Ansichten über die Verwandtschaft zwischen den elektrischen Erscheinungen und dem Blitze an Klarheit und Richtigkeit.

Abbé Nollet drückt sich hierüber sehr hübsch folgendermassen aus: »Wenn Jemand es unternähme auf Basis der Aehnlichkeit der Phänomene den Beweis zu führen, dass der Blitz in der Hand der Natur dasselbe sei, was Elektrizität in der Hand des Menschen ist, und dass die kleinen Wunder, die wir zu unserem Vergnügen ausführen, nichts anderes als kleine Nachahmungen jener grossen Erscheinungen seien, die uns Schrecken einjagen, so gestehe ich, dass die Durchführung eines solchen Beweises mir ungemeines Vergnügen verursachen würde.« Er weist hierauf auf alle zwischen Blitz und Elektrizität bestehenden Analogien hin, und schliesst mit den Worten: »Alle diese Analogien, über die ich viel nachgedacht habe, erwecken in mir den Glauben, dass, wenn man die Elektrizität als Erklärungsgrund nimmt, man zu viel richtigeren Ansichten über den Blitz

zu gelangen vermag, als jene sind, die bisher hierüber ausgesprochen wurden. *)

Diese Anschauung gewann damals die Oberhand und bildete den Ausgangspunkt für den, seitens des grossen Physikers Franklin später gelieferten thatsächlichen Beweis der Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken.

Zweimal wurde Franklin durch elektrische Schläge der Sinne beraubt. Später liess er die Ladung zweier grosser Leydnerflaschen durch sechs starke Männer gehen; sie fielen sämmtlich zu Boden, und als sie sich wieder erhoben, hatte keiner von ihnen eine Erinnerung dessen was vorgefallen war; sie hatten die Entladung weder gehört noch empfunden. Priestley, dem wir viele wichtige Beiträge auf dem Gebiete der Elektrizität verdanken, empfing einmal die Ladung zweier Flaschen, empfand jedoch dabei keinen Schmerz.

Letzteres stimmt mit meiner eigenen Erfahrung überein. Einst stand ich in diesem Zimmer neben einer geladenen Batterie von fünfzehn Leydnerflaschen. Durch Unvorsichtigkeit gerieth ich an deren Draht, wodurch die ganze Batterie sich durch meinen Körper entlud. Einige Zeit hindurch war alles Leben in mir verschwunden; von Schmerz empfand ich jedoch nicht die leiseste Spur. Nach einer Weile erlangte ich das Bewusstsein wieder. Verwirrt blickte ich bald auf den Apparat, bald auf meine Zuhörer, und kam sowohl hierdurch als auch durch den Anblick meiner eigenen Verfassung zu dem Schlusse, dass sich die Batterie an mir entladen haben musste.

*) Priestley's Geschichte der Elektrizität.

Um nun zu verhindern, dass der Vorfall meinen Zuhörern Unruhe verursache, sagte ich, es sei schon seit langem mein Wunsch gewesen, durch Zufall einen derartigen Schlag zu erhalten; jetzt sei dieser Wunsch in Erfüllung gegangen. Während jedoch mein intellectuelles Bewusstsein äusserst schnell zurückgekehrt war, verhielt sich dies mit meinem optischen ganz anders; denn während ich obige Worte an meine Zuhörerschaft richtete, erschien mir mein eigener Körper aus lauter getrennten Stücken zu bestehen. Meine Arme glaubte ich vom Körper abgerissen in der Luft schweben zu sehen. Lange war ich bereits in den Wiederbesitz meiner Urtheilskraft gelangt, ehe mein Sehnerv wieder seine normale Thätigkeit erlangte.

Dies Experiment liefert den hinlänglichen Beweis, dass der Tod durch den Blitz nicht mit dem geringsten Schmerz verbunden ist.

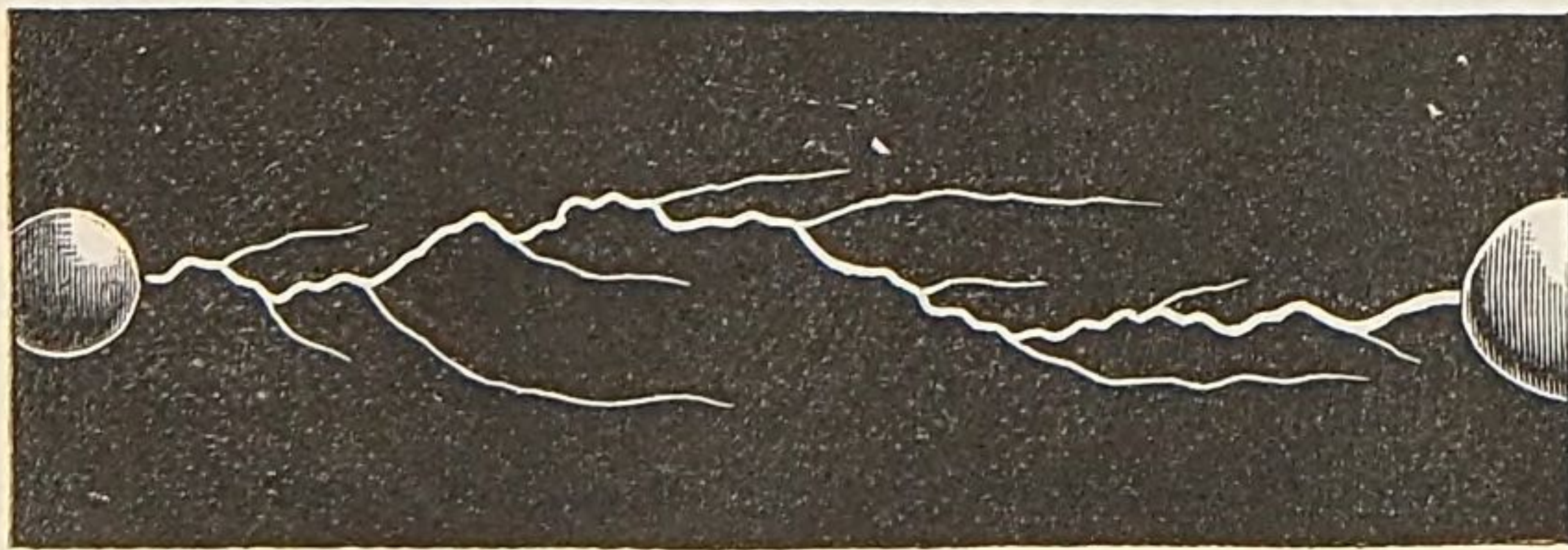
XXX.

Elektricität in der Atmosphäre.

Die Atmosphäre zeigt sich nachweisbar als ein Reservoir von Elektricität, welche periodischen Variationen unterworfen ist. Wir haben gesehen, dass findigen Köpfen gar bald der Gedanke sich aufdrängte, es dürfte das Licht und Geknister des elektrischen Funkens derselben Ursache zuzuschreiben sein, die dem Blitze und Donner zu Grunde liegt. Der grösste Forscher in dieser Richtung war Dr. Franklin. Der Vergleich der elektri-

schen Erscheinungen mit jenen des Blitzes wurde durch ihn erschöpfend durchgeführt. Die Gestalt des Blitzstrahles erschien ihm vollkommen analog mit jener eines langen elektrischen Funkens; gegen spitzige Gegenstände entladet sich der Blitz lieber, als gegen andere; er sucht sich stets den Weg, der ihm den geringsten Widerstand entgegenstellt; er zündet, löst Metalle auf, reißt Gegenstände entzwei und macht Menschen erblinden. Franklin ahmte diese Wirkungen im Kleinen nach. Er machte eine Taube erblinden und erschlug eine Henne und einen Truthahn durch den elektrischen Funken. Um Ihnen

Fig. 54.



die Aehnlichkeit des letzteren mit einem gespaltenen Blitzstrahle vor die Augen zu führen, zeige ich Ihnen hier in Fig. 54 das Bild eines langen elektrischen Funkens, wie sie mittelst einer kräftigen Ebonitmaschine von einem zur Erzeugung langer Funken speciell construirten Conductor gewonnen werden.

Nachdem Franklin die feste Ueberzeugung erlangt hatte, dass der Blitz und der elektrische Funke gleicher Natur seien, beschloss er, mittelst einer spitzen, auf einem hohen Thurme anzubringenden Stange Elektricität aus den Wolken zur Erde zu leiten. Bevor jedoch jener Thurm vollständig ausgebaut war, gelang es ihm, seinen

Zweck mittelst eines Papierdrachens, der mit einer Drahtspitze versehen war, zu erreichen. Die Elektricität lief an der Hanfschnur des Drachens bis zur Handhabe herab, welche Franklin an einem Seidenschnürchen festhielt. Er erhielt Funken und vermochte eine Leydnerflasche mit der auf diese Weise der Luft entzogenen Elektricität zu laden.

Angeeeifert durch Franklin's Forschungen, hatte jedoch bereits ein französischer Beobachter den elektrischen Charakter des Blitzes nachgewiesen. Eine Uebersetzung der Schriften Franklin's gerieth in die Hände des Naturforschers Buffon, welcher seinen Freund d'Alibart ersuchte, dieselbe einer Revision zu unterziehen. D'Alibart fühlte sich in Folge letzterer bewogen, auf einem Schilderhäuschen eine 40 Fuss hohe Eisenstange aufzurichten, die durch Seidenschnüre in ihrer Stellung gehalten wurde. Ein alter Dragoner, Namens Coiffier, welcher dabei Wache hielt, vernahm am 10. Mai 1752 einen Donnerschlag und erhielt sogleich darauf Funken vom Ende der Stange.

Bald gab sich die Gefahr des Experimentirens mit Eisenstangen kund. Professor Richmann in St. Petersburg liess eine 4 Fuss lange Eisenstange am Dachfirst errichten. Eine Kette führte von dort zu einer zweiten in seinem Zimmer befindlichen Stange, die in einem Glasgefässe stand, wodurch sie von der Erde isolirt war. Am 6. August 1753 entlud sich eine Gewitterwolke an der Stange; die Elektricität lief an der Kette herab; da sie jedoch durch das Glasgefäss in ihrer weiteren Fortpflanzung gehindert war, sprang sie auf Richmann's Kopf über, der sich einen Fuss davon entfernt befand,

und tödtete ihn augenblicklich. Wäre die Verbindung der unteren Stange mit der Erde nicht unterbrochen gewesen, so hätte der Blitz schwerlich irgend ein Unheil verursacht.

Im Jahre 1749 schlug Franklin die Errichtung von Blitzableitern vor und empfahl dieselben im Jahre 1753 wiederholt. Zwei Einwürfe wurden dagegen geltend gemacht. Der Abbé Nollet und dessen Gesinnungs-genossen erklärten es für sündhaft, Gottes Blitzstrahl vereiteln zu wollen, gerade so, wie wenn ein kleines Kind sich der väterlichen Zuchtruthe widersetzen wollte. Andere waren der Meinung, Blitzableiter zögen Gewitter heran und verursachten deren Entladung über den Köpfen der Menschen. Es ward ferner lange gestritten, ob es besser sei, sie spitzig oder stumpf zu machen. Wilson vertrat die stumpfe Gestalt derselben gegen Franklin, Cavendish und Watson, und beeinflusste Georg II. in so hohem Grade durch die Vorstellung, dass spitzige Leiter ein Werk der Republikaner seien, um den Blitz aufs Haupt des Königs zu lenken, dass letzterer dieselben von seinem Palaste herabzunehmen und durch andere zu ersetzen befahl, die in Kugeln endeten. Vielfache Erfahrungen bestätigten jedoch die Zweckmässigkeit spitziger Blitzableiter. Solche wurden im Jahre 1769 zuerst an der Paulskirche angebracht.

Der Nutzen der Blitzableiter zeigte sich am häufigsten auf Schiffen; es bedurfte jedoch schlagender Beweise, um die Vorurtheile der Seeleute zu beseitigen. Häufig ward die Beobachtung gemacht, dass, wo mehrere Schiffe bei einander standen, stets jene vom Blitze getroffen wurden, die durch keinen Blitzableiter geschützt waren. Letztere

waren Anfangs beweglich; beim Nahen eines Gewitters wurden sie aufgehisst; sie wurden jedoch bald durch feste, nach Sir Snow Harris' Angabe construirte ersetzt. Unberechenbar ist der Vorthail, der bezüglich der Erhaltung von Leben und Eigenthum diesem Ergebnisse des Studiums der Elektrizität zu verdanken ist.

XXXI.

Der elektrische Rückschlag.

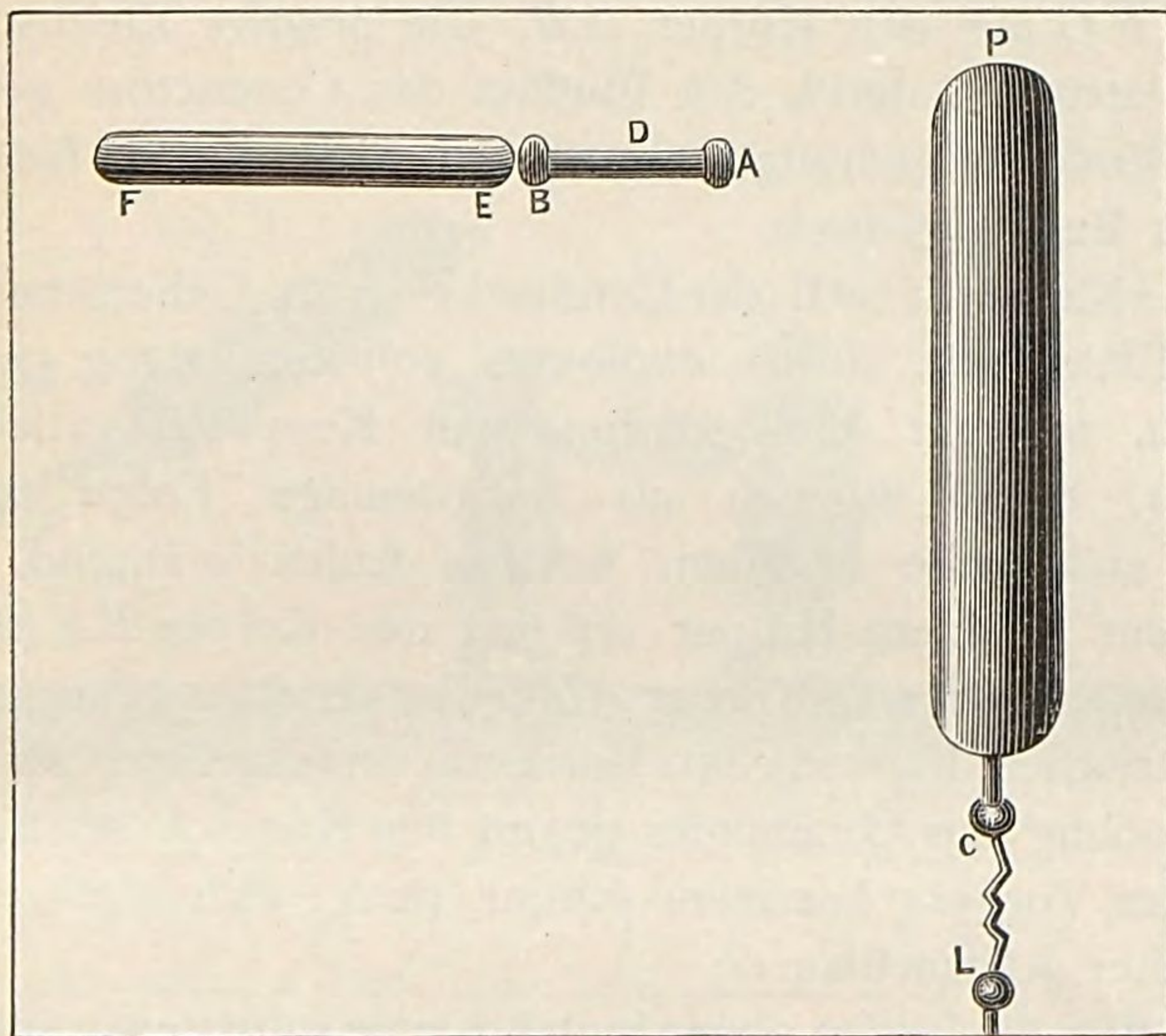
Im Jahre 1779 veröffentlichte der Vicomte Charles Mahon seine »Principien der Elektrizität«. Das Titelblatt des Werkes trägt folgende Bemerkung: »Diese Abhandlung enthält die Erklärung des elektrischen Rückschlages und dessen gefährlicher Wirkungen an Orten, die sich weit von dem durch den Blitz getroffenen Punkte befinden.«

Lord Mahon's Versuche, die sich durch Klarheit und Präcision auszeichnen, gründen sich auf das Princip elektrischer Induction, mit welchem Sie bereits vertraut sind. Es bleibt hier nur zu erwähnen, dass, wenn er von der »elektrischen Atmosphäre« spricht, er damit sagen will, dass sich ein Körper innerhalb des Bereiches der inductiven Einwirkung eines anderen erregten Körpers befinde, welcher letzteren er sich mit einer elektrischen Atmosphäre umgeben vorstellt.

Folgender kurze Auszug aus seinem Werke gibt über das Wesen seiner Entdeckung Aufschluss:

»Ich brachte einen isolirten Metallcylinder AB (Fig. 55) in dem Bereiche der elektrischen Atmosphäre des Conductors einer Elektrisirmaschine, jedoch in solcher Entfernung von demselben an, dass ein Ueberspringen von Funken nicht mehr möglich war. Die Distanz

Fig. 55.



zwischen dem Ende A desselben und dem Conductor betrug 20 Zoll. Der Körper AB war aus Messing gefertigt, cylindrisch, 18 Zoll lang und 2 Zoll im Durchmesser. Hierauf stellte ich einen zweiten isolirten Messingcylinder EF von 40 Zoll Länge und $3\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser so nahe am vorigen auf, dass der Zwischenraum EB nicht mehr als $\frac{1}{10}$ Zoll betrug. Hierauf wurde der

Conductor PC geladen. Während des Ladens desselben mit Plus-Elektricität sprangen fortwährend kleine rothe Funken vom Ende B des Körpers AB aufs Ende E des entfernteren Körpers EF über.

Machen Sie sich zuvörderst das Entstehen des rothen Funkenstromes vollständig klar. Derselbe war eine nothwendige Folge der inductiven Einwirkung des Conductors PC auf den Körper AB . Die positive Elektricität des letzteren, durch den Einfluss des Conductors gegen das Ende B gedrängt, ergoss sich über EF in Gestalt eines Funkenstromes.

»Nachdem sich der Conductor seines Ueberschusses an Elektricität durch explosive Selbstentladung gegen einen, mit der Erde verbundenen Knopf L entledigt hatte, ergab es sich als nothwendige Folge, dass das elektrische Fluidum, welches früher während des Ladens aus dem Körper AB auf den Körper EF übergegangen war, zum Körper AB in Gestalt eines glänzenden elektrischen Funkens im Momente zurückkehrte, wo die Entladung des Conductors gegen den Knopf L stattfand. Diesen Vorgang bezeichne ich mit dem Ausdrücke »elektrischer Rückschlag.«

Für die beiden obgenannten Leiter substituirte später Lord Mahon seinen eigenen Körper und den eines Freundes, wobei beide Personen auf Isolirschemeln standen. Er fährt fort:

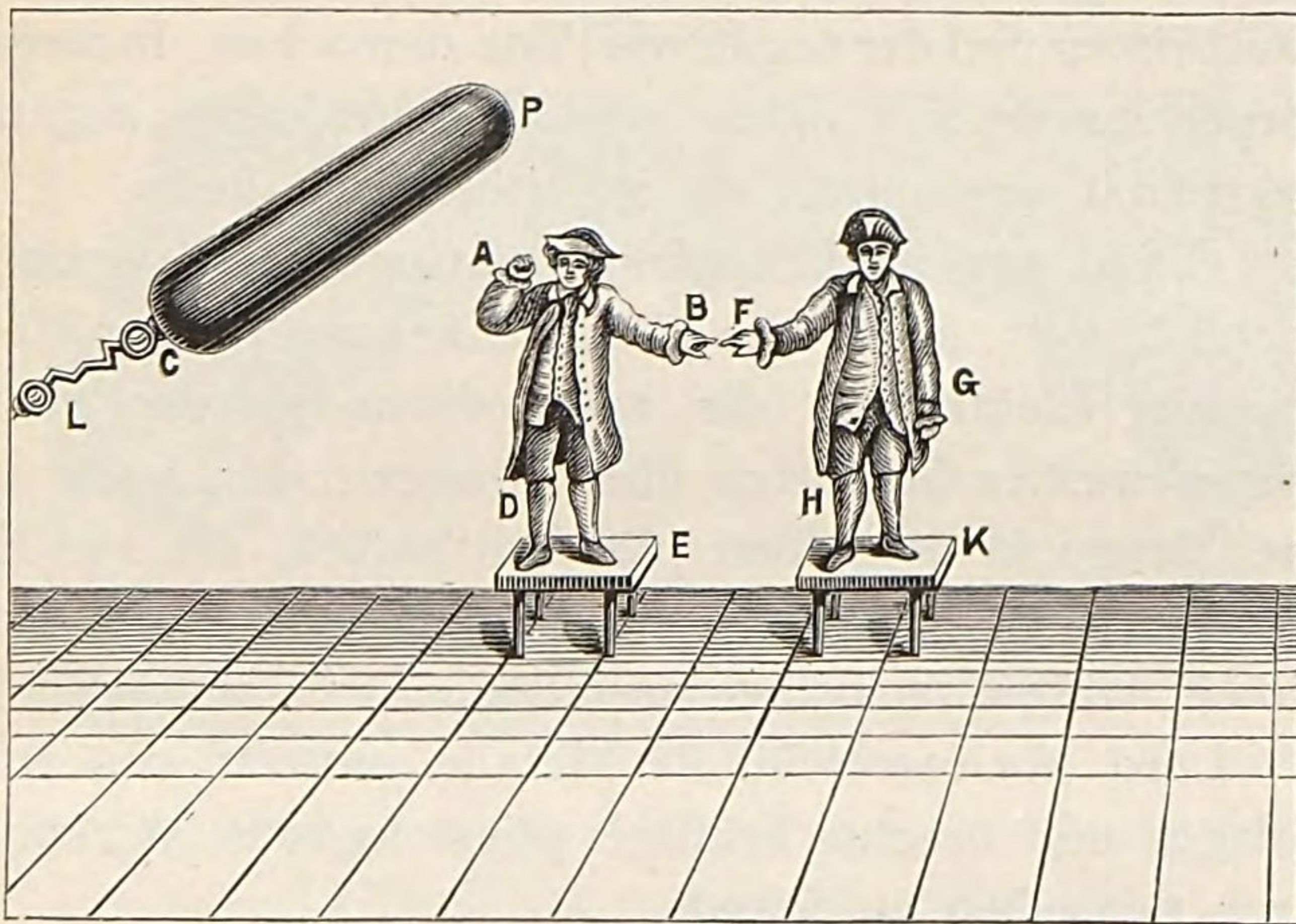
»Ich stellte mich auf einen Isolirschemel E (Fig. 56), und zwar in solcher Distanz vom Conductor, dass mein rechter Arm etwa 20 Zoll von demselben entfernt blieb. Ein auf einem zweiten Isolirschemel K stehender Gefährte streckte seinen rechten Arm F meinem linken B ent-

gegen, so dass ein viertelzölliger Zwischenraum zwischen unseren Händen blieb.«

»Während der Conductor mit Plus-Elektricität geladen wurde, fühlten wir beide das Ueberströmen des elektrischen Fluidums von meiner Hand auf die seinige.«

»Jedesmal, wenn unsere Hände sich um ein wenig von einander entfernten, fand dieses Ueberströmen in

Fig. 56.



Gestalt kleiner Funken statt, welche an Grösse und Stärke zunahmen, je mehr sich der Zwischenraum erweiterte, bis letzterer so gross wurde, dass ein Ueberspringen der Funken nicht mehr stattzufinden vermochte. Mit der Erweiterung des Zwischenraumes wuchsen gleichzeitig die Zeitintervalle von einem Funken bis zum nächstfolgenden.«

»Bei jedesmaliger plötzlicher Selbstentladung des Conductors *CP* gegen den Knopf *L* kehrte der Ueber-

schuss an Elektricität, welcher dem Körper meines Gefährten durch den meinigen zugeführt worden war, in Gestalt eines scharfen Funkens, der von seiner Hand auf die meinige übersprang, zu meinem Körper zurück.«

»Ich verblieb nun auf dem Isolirschemel, mein Gefährte hingegen stellte sich auf den Boden. Der Rückschlag zeigte sich stärker als früher; die Ursache ist klar. Dadurch, dass mein Gefährte nicht mehr isolirt war, vermochte seine positive Elektricität frei zur Erde abzufließen und der negativen Platz zu machen. In meinem Körper konnte sich daher eine grössere Menge negativer Elektricität ansammeln als im früheren Falle.«

»Fand nun die Entladung des Conductors gegen den Knopf *L* statt, so kehrte gleichzeitig ausser jener Menge negativer Elektricität, die aus meinem Körper in den Körper meines Gefährten übergegangen war, auch noch jene Menge in denselben plötzlich zurück, die zur Erde abgeflossen war. Aus diesem Grunde musste der Rückschlag stärker als früher ausfallen.«

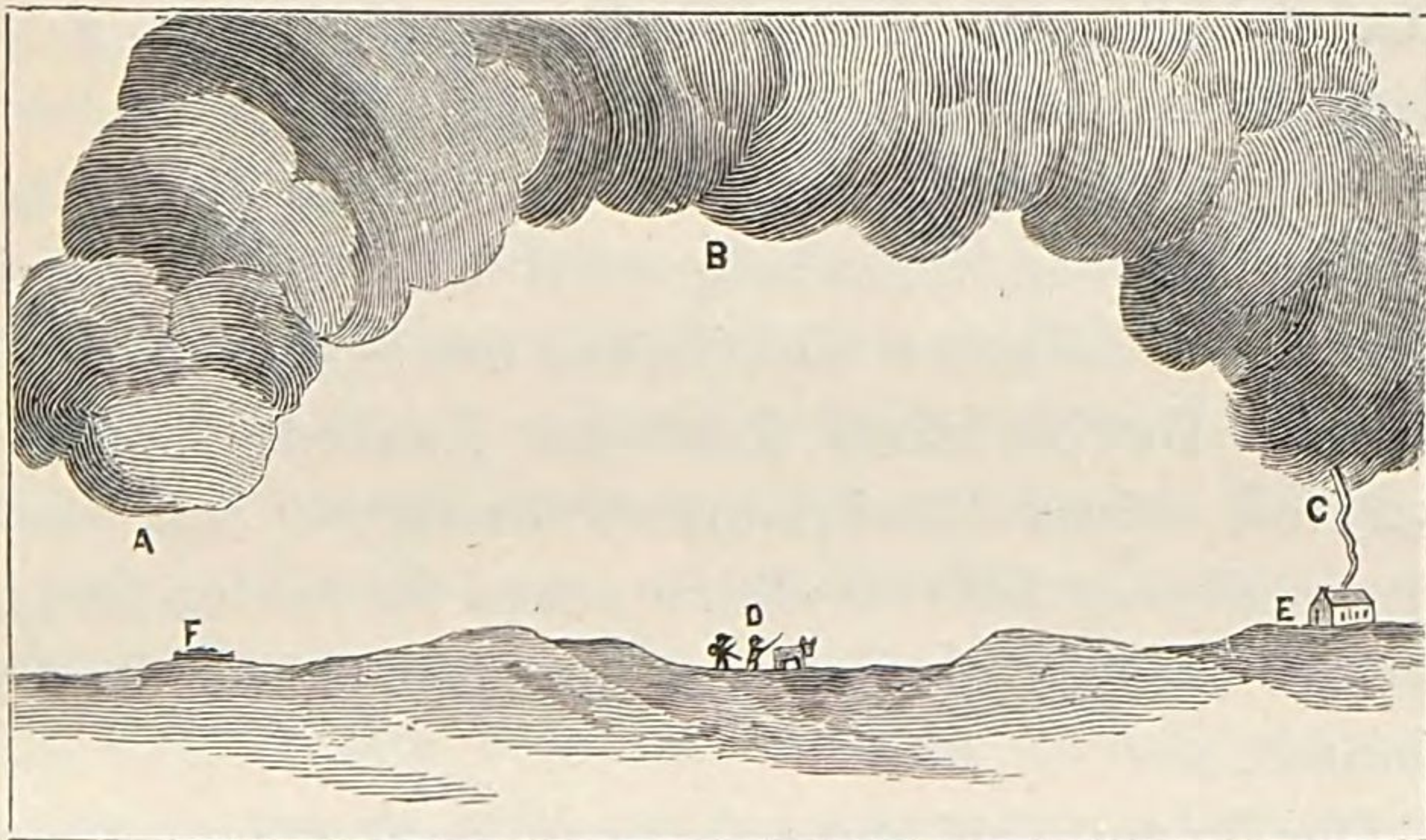
Lord Mahon schmolz Metalle mittelst des Rückschlages und brachte kräftige physiologische Wirkungen durch denselben zu Stande.

In der freien Natur können Rückschläge grosses Unheil anrichten. Durch das eine Ende einer Gewitterwolke kann ein Theil der Erdoberfläche mit allem darauf Befindlichen mächtig influirt worden sein, während die Entladung der Wolke meilenweit davon stattfindet. Der sodann das elektrische Gleichgewicht wieder herstellende Rückschlag kann dann so stark sein, dass Menschen und Thiere durch denselben getödtet werden.

Dies ward auch durch Lord Mahon deutlich erkannt und durch Fig. 57 bildlich von demselben dargestellt.

ABC ist die Gewitterwolke, deren beide Enden A und C sich zur Erde herabsenken. Findet ihre Entladung am Ende C statt, so vermag dieses den Tod eines Mannes bei F zur Folge zu haben; während Leute, die sich bei D , somit in viel geringerer Entfernung vom Ende C

Fig. 57.



befinden, wo die Entladung vor sich ging, in Folge der grösseren Höhe, in der sich die Wolke über ihren Häuption befand, ganz unverletzt blieben.

Ich habe Ihnen diese Stelle aus Lord Mahon's bewunderungswerther Abhandlung darum mitgetheilt, weil sie in Beziehung auf Induction viel Lehrreiches enthält; der Vortrag seines ganzen Memoires über Elektrizität dürfte sich jedoch als höchst nützlich und interessant erweisen.

Zu unserer eigenen Belehrung lässt sich ein Rückschlag ganz leicht auf folgende Weise vor unsere Augen führen: Verbinden Sie das eine Stängelchen Ihres »Universal-Entladers« mit einem Conductor, etwa einem solchen, wie er unter *C* (Fig. 20) dargestellt ist, und das andere Stängelchen mit der Erde. Stellen Sie den Conductor *C* gegen den Conductor einer Elektrisirmaschine, jedoch nicht so nahe, dass Funken von letzterem auf *C* überspringen vermögen. Drehen Sie hierauf die Maschine, so werden Sie einen continuirlichen Strom kleiner Funken bemerken, die von einem Ende der Stäbchen auf das andere überspringen. Lassen Sie nun den Conductor der Maschine durch einen Gehilfen von Zeit zu Zeit entladen. Bei jeder solchen Entladung wird sich der Rückschlag im Punkte *S*, zwischen den Enden der Stäbchen des Entladers in Gestalt eines kräftigen Funkens kundgeben. Wird mit etwas Knallpräparat bestreute Schiesswolle, oder ein dünner Silberdraht zwischen die beiden Stäbchen gebracht, so wird die Schiesswolle verpufft und der Draht verbrannt.

Der Strom von abgestossenen Funken verschwindet, sobald man eine Verbindung des Conductors *C* mit der Erde durch einen unvollkommenen Leiter herstellt; ein, den trockenen Tisch, auf welchem der Conductor steht, berührendes Kettchen leistet hierzu ganz gute Dienste. Die schwächeren Funken laufen lieber an dem Kettchen hinab, als dass sie bei *S* überschlügen; der Rückschlag geht jedoch zu heftig und plötzlich vor sich, um seinen Weg durch den trockenen Tisch und das Kettchen nehmen zu können; und bei der Entladung des Conductors der Maschine erscheint ein Funke.

Der Effect des Rückschlages auf einen todten Frosch war es, was Professor Galvani, der denselben in seinem Laboratorium beobachtete, zur Vornahme von Experimenten mit thierischer Elektricität bewog, und später Volta zur Entdeckung der noch heute seinen Namen tragenden Elektricität führte.

XXXII

Die Leydnerbatterie, ihre Ströme und Wirkungen.

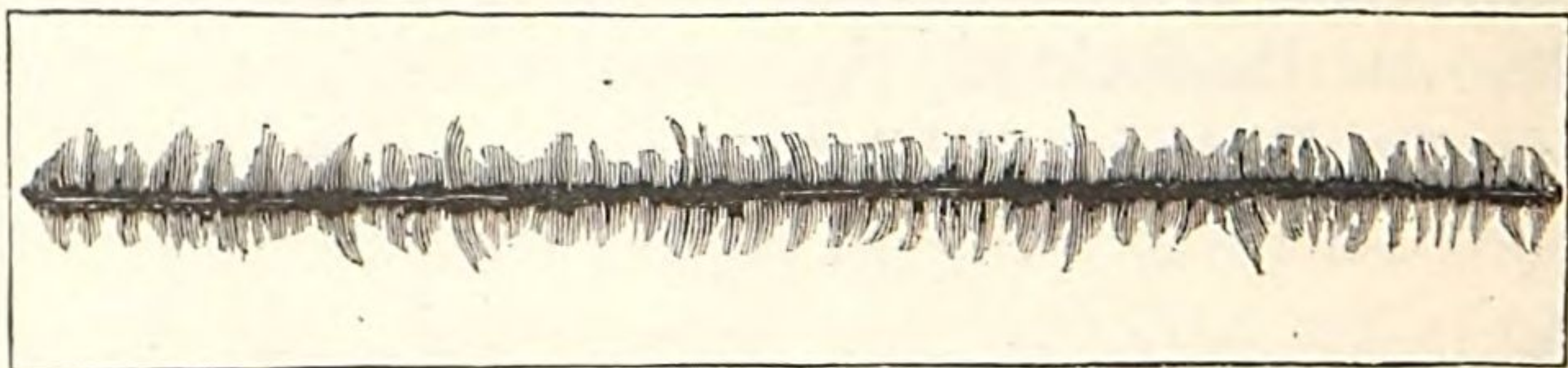
Bei der gewöhnlichen in Cap. XIX beschriebenen Leydnerbatterie sind sämtliche innere Belegungen untereinander verbunden, und das Gleiche findet mit den äusseren statt. Eine derartige Batterie wirkt in gleicher Weise wie eine einzige Flasche von ungewöhnlicher Grösse.

Beim Freiwerden einer mässigen Ladung derselben zeigen sich Drähte erwärmt; wird die Ladung verstärkt, so kommen sie ins Glühen; bei abermaliger Verstärkung derselben werden sie in Stücke zerrissen und es erfolgt ihre Schmelzung; die allerkräftigsten Ladungen verwandeln dieselben in Metallstaub und Dampf.

Der zu diesem Experimente verwendete Draht muss dünn sein; denn ohne Widerstand findet keine Erhitzung statt, und dieser Widerstand ist bei dicken Drähten sehr gering. Die Figuren, welche man durch die Verbrennung verschiedenartiger Drahtsorten erhält, weichen sehr von einander ab. Fig. 58 stellt die Zeichnung dar, welche ein verbrannter Silberdraht auf weissem Papiere zurücklässt.

Findet die Entladung einer starken Batterie mittelst einer stählernen Kette statt, deren Glieder nicht ge-

Fig. 58.



schweisst sind, so reissen die zwischen den offenen Gliederenden überspringenden Funken stark erhitzte Stahltheilchen mit sich. Diese verbrennen sodann in der Luft, wodurch sich eine momentane Feuererscheinung der ganzen Länge der Kette nach kundgibt. Kettenkabel von Schiffen wurden auf diese Weise durch den Blitzstrahl geschmolzen gefunden.

Wenn wir uns die Elektrizität als ein Fluidum vorstellen, so schliesst dieses selbstverständlich auch die Vorstellung von Strömungen in sich, und solchen Strömungen sind die zuletzt erwähnten Wirkungen zuzuschreiben. Bei vielen der früheren Experimente dachten wir uns die Elektrizität im Zustande der Ruhe (statische Elektrizität); hier jedoch erblicken wir sie in Bewegung (dynamische Elektrizität).

Wenn wir den Strom einer Batterie durch eine flache, aus etwa 50—60 Fuss langem Kupferdrahte gebildete Spirale laufen lassen und dieser primären Spirale eine zweite, gleichgeformte Spirale (die secundäre), deren Enden jedoch miteinander verbunden sind, auf geringe Entfernung gegenüberstellen, so ruft der, die erste Spirale durchlaufende Strom in der zweiten Spirale gleichfalls

einen Strom hervor, welcher im Stande ist Drähte zu verbrennen und alle Wirkungen, die wir aus directen Entladungen kennen gelernt haben, hervorzubringen. Sogar im Falle, dass sich die beiden Spiralen mehrere Fuss weit voneinander befänden, vermag man vom secundären Strome noch Schläge zu erhalten.

In gleicher Weise kann man den Strom der zweiten Spirale auf eine dritte, und von dieser auf eine vierte wirken lassen. Man nennt den in der vierten, durch die mittelbare Action der zweiten Spirale hervorgerufenen Strom einen »tertiären«.

Uebertragen wir diesen tertiären Strom auf eine fünfte Spirale und lassen wir letztere auf eine sechste inducirend einwirken, so erhalten wir einen Strom vierter Ordnung. Auf diese Weise sind wir im Stande, eine lange Aufeinanderfolge von Strömen hervorzurufen, die sämmtlich ihre Entstehung dem, von der Batterie in die erste Spirale entsendeten Strome verdanken. Den Arbeiten der Professoren Henry in den Vereinigten Staaten von Amerika und Riess in Berlin sind wir für die Auffindung der, bei solchen Strömungen waltenden Gesetze verbunden. Deren Untersuchungen fanden auf demselben Wege statt, welcher früher von Faraday bei dessen Untersuchung der Volta-Elektricität eingeschlagen worden war.

Ausser der Reibungs-Elektricität und der Induction kennen wir noch folgende Entstehungsquellen und Formen der Elektricität:

Der Contact ungleichartiger Metalle ruft Elektricität hervor.

Der Contact von Metallen mit Flüssigkeiten thut dasselbe.

Eine blosse Veränderung der gegenseitigen Berührungsweise zweier Körper erzeugt Elektrizität.

Chemische Thätigkeit erzeugt einen ununterbrochenen elektrischen Strom (Volta-Elektrizität). Wärme, in entsprechender Weise zweien ungleichartigen Metallen mitgetheilt, ruft einen ununterbrochenen elektrischen Strom hervor. (Thermo-Elektrizität).

Die Erwärmung und Abkühlung gewisser Krystalle erzeugt Elektrizität (Pyro-Elektrizität).

Die Bewegung von Magneten oder anderen Körpern, an denen sich elektrische Strömungen kundgeben, erzeugt Elektrizität (Magnet-Elektrizität).

Die Reibung von Sand auf einer Metallplatte erzeugt Elektrizität.

Die Reibung condensirter Wassertheile an einem Sicherheitsventile, oder noch besser, die Reibung des, durch einen Stutzen aus Buchholz ausströmenden Dampfes erzeugt Elektrizität (Armstrong's hydro-elektrische Maschine).

Die Art und Weise, in welcher sich die eine oder die andere der genannten Elektrizitäten kund zu geben pflegt, ist verschieden; zur Erweckung letzterer ist jedoch stets der Aufwand einer anderen gleichen Kraft erforderlich.

Schluss.

Wir sind nun am Ende unserer experimentellen Untersuchungen angelangt; ich nehme jedoch Ihre Aufmerksamkeit noch einige Minuten länger in Anspruch.

Die Kostspieligkeit der erforderlichen Apparate wird gewöhnlich als das Hinderniss bezeichnet, das sich der Einführung der Naturlehre in unsere Schulen entgegenstellt. Ich glaube Ihnen nun gezeigt zu haben, dass dieser Einwurf nicht stichhältig ist. Abgesehen von einigen grösseren Experimenten, welche übrigens wenig zur Vermehrung unserer Kenntnisse beitragen, ist es unzweifelhaft, dass durch zweckmässige Verwendung geringer Geldmittel ein tüchtiger Lehrer in die Lage gesetzt zu werden vermag, seinen Schülern die sämtlichen Haupterscheinungen und Gesetze der Reibungs-Elektricität vollkommen klar zu machen, und dieselben hierdurch nicht nur an Kenntnissen zu bereichern, sondern ihnen gleichzeitig Gelegenheit zur Disciplin im selbstständigen Denken zu bieten. Letztere Disciplin ist es, die die Entwicklung scharfer Beobachtungsgabe, consequenten Nachsinnens über das Gesehene, und die Voraussicht des zu Erwartenden, deren Richtigkeit hierauf experimenteller Prüfung zu unterziehen ist, im höchsten Grade befördert.

Bei dieser Gelegenheit möge es mir gestattet sein, den Lehrern der Naturwissenschaften in öffentlichen und Privatschulen an's Herz zu legen, dass das Schicksal dieser Wissenschaften, eines der wichtigsten Zweige der Erziehung, nahezu ihnen allein anheimgegeben ist. Ich wünsche in ihnen die Ueberzeugung wach rufen zu können, dass es ein Missgriff sei, der Anschaffung kostspieliger Apparate ihr Augenmerk zuzuwenden. Ihr Hauptbestreben soll dahin gerichtet sein, Liebe zu naturwissenschaftlichen Studien in der Jugend zu erwecken. Dies wird jedoch am sichersten dadurch erzielt, dass man derselben alle wichtigeren Erscheinungen und Gesetze

mittelst der allereinfachsten Vorrichtungen unmittelbar vor die Augen führt, und ihr gleichzeitig das Selbstexperimentiren ermöglicht.

Durch das Erdenken der allereinfachsten Hilfsmittel hierzu, erlangt zugleich der Lehrer selbst eine Sicherheit und Herrschaft über seinen Gegenstand, die er sich auf andere Weise nie anzueignen im Stande ist; die Leiter unserer Schulen sollten jedoch auch wohl wissen, dass es unerlässlich ist, nicht nur zur Erfindung solcher Vorrichtungen, sondern auch zum Experimentiren mit denselben, Lehrern die erforderliche Zeit einzuräumen. Kein Lehrer der Physik kann sich je an seinen Vortrag wagen, ohne unmittelbar vorher seine diesbezüglichen Vorrichtungen wohl geprüft zu haben. Seine Experimente bilden einen Theil seiner Sprache und müssen gleich den gesprochenen Worten vollkommen logisch und frei von Stottern dem Auditorium geboten werden. Sollen sie diesem entsprechen, so erfordern sie einen Zeitaufwand, welchen ihnen die Leiter der Schulen nicht gerne gönnen; dies ist jedoch ein nothwendiger Aufwand, und sie werden klug handeln, diesem Umstande Rechnung zu tragen.

Ich möchte jenen Herren aufs Freundlichste empfehlen, der Naturwissenschaft aus eigenem freien Antriebe erweiterten Raum zuzugestehen und nicht erst zu warten, bis sie durch einen Druck von Aussen hierzu gezwungen werden. Das gegenwärtige Verhältniss kann nicht fortbestehen. Es genügt eine einfache Schilderung desselben, um das Verdammungsurtheil jedes Denkenden herbeizuführen. Auf den vorjährigen Bericht der mit der Untersuchung unserer Schulen bezüglich des Unterrichtes in der Naturlehre betrauten

Commission hinweisend, drückt sich Sir John Lubbock folgendermassen aus:

»Die Commission hat ihren Bericht über mehr als hundertundzwanzig der besser dotirten englischen Schulen veröffentlicht. In mehr als der halben Anzahl derselben wird Naturlehre gar nicht vorgetragen; nicht mehr als vierzehn besitzen ein Laboratorium und blos in achtzehn derselben wurden einige wissenschaftliche Apparate vorgefunden. Von der ganzen obigen Zahl finden sich keine zwanzig, in denen vier Stunden in der Woche der Naturlehre gewidmet werden, und nur in achtzehn werden Fragen, die sich auf Physik beziehen, bei den Prüfungen gestellt.«

Mit vollem Rechte erklärte daher die Commission diesen Zustand der Dinge für eine nationale Calamität. Verharrt man länger bei demselben, so wird solches eine Reaction zur Folge haben, welche gerade die wärmsten Freunde classischer Bildung in England am Lebhaftesten zu bedauern volle Ursache haben werden.



A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop. Elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Inhalt der Sammlung.

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Vierte Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. Zweite Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. Zweite Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. Zweite Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. Zweite Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Wächter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität und ihre technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendungen bei der Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — u. s. w., u. s. w.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich. Preis geheftet à 1 fl. 65 kr. ö. W. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop. ; elegant gebunden à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop. Die Sammlung kann auch in Lieferungen à 30 Kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. bezogen werden.

Einzelne Werke werden nur in der Bandausgabe ausgegeben.

Einbanddecken pro Band 40 kr. ö. W. = 75 Pf. = 1 Fr. = 45 Kop.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Preisliste der Hilfsmittel

zu den

Vorträgen über Elektrizität von John Tyndall,
welche zu nachstehenden Preisen, einzeln oder complet zu beziehen sind
von **Chr. Vetter's Magazin für Lern- und Lehrmittel**
in **Hamburg**, grosse Bleichen Nr. 31.

Seite	Figur		Mark	Pfg.
Für elektrische Anziehung.				
7		Zwei Stangen Siegelwachs	1	—
7		Zwei Guttapercha-Röhren	2	—
7		Eine Glasröhre, 50 cm. lang, 2 cm. Durchm.	1	—
7		Zwei Glasröhren, 30 cm. lang, 1 $\frac{1}{2}$ cm. Durchm.	1	—
7		Flanell-Reibzeug	—	60
7		Seidenreibzeug	1	50
7		Mahagonibrett	2	—
7		Ein Stück Kautschuk	—	75
7	1	Gestelle mit Seidenband und Aufhängehaken .	3	—
8	2)	Strohalm-Index nebst Ständer	2	—
9	3)			
9		Amalgam in Schachtel	1	—
12	4	Ebonitkamm	1	—
15	5	Uhrglas für das florentinische Experiment .	—	20
Für Leitung, Isolirung und Induction.				
17	6	Korkstöpsel und Stäbchen	—	10
17		Schachtel mit Papierschnitzel	—	10
17		Packschnur	—	20
17		Kupferdraht	1	—
17		Seidenfaden	—	30
20	7	Goldblatt-Elektroskop	2	50
		Büchlein mit falschem Schlaggold	—	30
23	8	Langer Stroh-Index und dessen Ständer . .	2	50
27		Messingrohr	—	75
		Fuchsschwanz	—	75
30		Glasröhre mit rauher Aussenseite	—	60
32		Weingeistlampe mit Tülle	—	90
36		Glastrichter	—	40
37	{12 13	Eine Dose Glimmerstreusand	—	25
51	15			
56	19	Elektricitäts-Ueberträger	—	75
56	19	Zwei Metallkugeln mit Isolirständern . . .	6	—
56	19	Leitungskette von Messing	1	—
58	20	Cylinder-Conductor	2	50

Seite	Figur		Mark	Pfg.
		Elektrophor.		
65	23	Metallscheibe, 16 cm. Durchm., mit Isolir- Handhabe und Ebonitplatte, nebst Kugel .	5	—
		Zur Illustration der Wirkung von Spitzen.		
68		Zwei Bogen Stanniol	—	40
69	24	Konischer Conductor	2	—
71		Eine Glasplatte	—	40
73	27	Elektrisirmaschine	21	—
73		Nähnadeln	—	10
76		Spitze zum Nachweis des elektrischen Windes	—	30
77	29	Elektrische Mühle	1	50
78	30	Papierquaste und Draht	—	50
		Zur Leydnerflasche.		
81	33	Leydnerflasche in ihrer jetzigen Construction	2	—
83	34	» in ihrer ursprünglichen Gestalt	—	75
85		Bevis-Platte	1	50
86	36	Entlader	1	50
96	41	Zwei Condensatorplatten auf Stativ	4	—
101	43	Zerlegbare Leydnerflasche	4	—
		Zur Zündung durch den elektrischen Funken.		
104	44	Cottrell-Reibzeug	3	50
105		Isolirte Messingkugel	2	—
105	45	Argand-Brenner mit elektr. Schlauche	4	—
105		Eiserner Löffel	—	20
		Zur Dauer des elektrischen Funkens.		
109	48	Rotirende Scheibe mit schwarzen und weissen Feldern	2	50
110	49	Funkenvorrichtung zur Verbindung mit der Leydnerflasche	3	50
111	50	Bleikugel mit Schnur	—	50
118	52	Vacuumröhre	3	—
		Zu Lichtenberg's Figuren.		
120		Harzkuchen	1	25
120		Flasche, gefüllt mit einem Gemenge aus Mennige und Schwefelblumen, nebst Musselin-Crêpe	—	60
		Kiste und Emballage	7	—
		Totalpreis aller Apparate incl. Emballage . .	105	—

NB. Eine Preisliste über Lehrmittel für alle Unterrichtsfächer steht den Herrn Lehrern gratis zur Verfügung.

Chr. Vetter in Hamburg, gr. Bleichen Nr. 31.

Tyndall, John,

Vorträge über Elektrizität

Wien [u.a.] 1884

Phys.sp. 665 un

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11882140-7